



Avaliação do impacto dos fatores climáticos na qualidade do habitat do Sisão (*Tetrax tetrax*) através de deteção remota

Ana Rita Mendes Martins

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente

Orientador: Doutor João Paulo Campbell Alves da Silva

Coorientador: Doutor Francisco Manuel Ribeiro Ferraria Moreira

Júri:

Presidente: - Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: - Doutor Rui Marçal de Campos Fernando, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutor Francisco Manuel Ribeiro Ferraria Moreira, Investigador Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutor Miguel Nuno do Sacramento Monteiro Bugalho, Investigador Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutor João Paulo Campbell Alves da Silva.

Lisboa, 2012

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus orientadores João Paulo Silva e Francisco Moreira por se terem mostrado sempre disponíveis para me ajudar no desenvolvimento desta dissertação.

Também quero agradecer ao professor José Carlos da Costa que recomendou os meus orientadores e os seus variados trabalhos de campo.

À Inês Catry e Pedro Leitão pela vossa disponibilidade, ajuda, ideias e críticas.

À minha colega de curso Joana Freire que me acompanhou e ajudou ao longo de todo o processo das nossas dissertações.

E aos meus amigos Cabral, Cátia e Mariana por me ajudarem nos indispensáveis pormenores finais desta dissertação.

Resumo

O Sisão *Tetrax tetrax* é uma ave adaptada aos sistemas agrícolas, considerada ameaçada na Península Ibérica, região da Europa particularmente vulnerável às alterações climáticas. No período reprodutor, o Sisão mostra preferência pelos pousios e pastagens, alimentando-se essencialmente de matéria vegetal verde. O NDVI, extraído das imagens de satélite, pode ser interpretado como um índice de verdura da vegetação e portanto com um elevado potencial como variável preditiva da distribuição e abundância do sisão. O objetivo do presente trabalho pretende compreender como o clima influencia o NDVI e como o NDVI se relaciona com a abundância do Sisão no período coincidente com o início da época de reprodução.

Usando imagens AVHRR de uma série temporal de 25 anos (1981-2006), foi analisado à escala do Alentejo o efeito da precipitação acumulada e da capacidade de uso do solo no NDVI. De acordo com técnicas de modelação estatística ambas as variáveis influem significativamente e positivamente na sua ocorrência. Foi encontrado, por outro lado, uma relação negativa entre a abundância de Sisão e o NDVI.

Julga-se que as áreas de maior abundância (com menor NDVI) correspondem aos locais onde subsiste habitat adequado à sua reprodução, a qual, com os cenários de alterações climáticas, ficará mais vulnerável.

Palavras-chave: Sisão, época de reprodução, NDVI, precipitação, produtividade dos solos, alterações climáticas.

Abstract

The Little Bustard *Tetrax tetrax* is a bird adapted to agricultural systems, considered endangered in the Iberian Peninsula, Europe region particularly vulnerable to climate change. During the breeding season, Little Bustard shows preference for fallow land and pastures, feeding mainly of vegetable matter. The NDVI, extracted from satellite images, can be interpreted as an index of vegetation greenness and therefore with a high potential as a predictive variable of the distribution and abundance of the Little Bustard. The objective of this study aims to understand how climate influences the NDVI and how NDVI relates to the Little Bustard abundance in the period coinciding with the start of the breeding season.

Using AVHRR images within a time series of 25 years (1981-2006), it was analyzed at the scale of Alentejo the effect of accumulated rainfall and the land use in NDVI values. According to statistical modeling techniques for both variables, significantly and positively influence the NDVI values. It was found, on the other hand, a negative relationship between the abundance of Little Bustard and NDVI.

It is believed that the areas of greatest abundance (with lower NDVI) correspond to locations where suitable habitat exists for Little Bustard breeding, which, with the climate change scenarios, will be more vulnerable.

Key words: Little Bustard, breeding season, NDVI, rainfall, soil productivity, climate change.

Extended abstract

The Little Bustard *Tetrax tetrax* is a bird adapted to extensive agricultural systems, depending mostly on fallow land, pasture and extensive cereal crops. It is considered an endangered species in the Iberian Peninsula, Europe region particularly vulnerable to climate change. During the breeding season, Little Bustard shows preference for farmland with certain habitat quality so that it can feed mainly with vegetable matter. This habitat quality can be described by NDVI, an indicator of vegetation greenness. The NDVI, extracted from satellite images, can be interpreted as an indicator of high potential as predictive variable of the distribution and abundance of the Little Bustard. The objective of this study aims to understand how the physical and climatic factors influence the NDVI and how NDVI relates to the Little Bustard abundance in the period coinciding with the start of the breeding season (second half of April).

Using AVHRR images within a time series of 25 years (1981-2006) it was analyzed, in the open areas of the Alentejo, the effect of accumulated rainfall and land use in NDVI values. We conducted a Generalized Linear Mixed Model to study the influence of accumulated rainfall in the months of autumn and winter and productivity of soils in NDVI values and a Simple Linear Regression to analyze the relationship between the distribution of Little Bustard and NDVI. According to the statistical models, it was concluded that with increasing precipitation, the vegetation will be greener, though NDVI tends to be higher. In more productive soils NDVI values are significantly higher than those of the soil less productive. At the beginning of the breeding season, Little Bustard appears to be more abundant in areas with lower NDVI.

It is believed that the areas with greatest abundance (with lower NDVI) correspond to locations where suitable habitat exists for Little Bustard breeding, meaning, open areas with few areas of forest and permanent crops, and in areas where traditional agriculture is still practiced extensively.

The climate change scenarios predict a decrease in precipitation and increase in temperature, thus leading to a decrease in habitat quality and biodiversity loss. Considering our results it was discussed what consequences the scenarios of climate change may have on breeding populations of Little Bustard in Portugal. Consequences such as intensification of agriculture lead to the cultivation of fallow lands and intensive grazing, modifying the heterogeneous agricultural mosaic of which Little Bustard depends on.

Key words: Little Bustard, breeding season, NDVI, rainfall, soil productivity, climate change

Índice

Agradecimentos	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Extended abstract	IV
Índice	V
Índice de figuras.....	VII
Índice de quadros.....	IX
Lista de abreviaturas	X
1. Introdução	1
1.1. Objetivos	2
1.2. O Sisão	2
1.2.1. Distribuição global e nacional.....	3
1.2.2. Preferências de habitat	4
1.2.3. Reprodução	5
1.2.4. Ameaças ao Sisão e ao seu habitat	6
1.3. As Alterações Climáticas.....	7
1.3.1. Padrões das alterações climáticas	7
1.3.2. Previsões das alterações climáticas.....	11
2. Metodologia.....	16
2.1. Área de estudo.....	16
2.2. Recolha de dados	17
2.2.1. Dados de precipitação.....	17
2.2.2. Dados de NDVI	18
2.2.3. Dados do Sisão.....	18
2.2.4. Dados de capacidade de uso do solo.....	19
2.3. Análise de dados.....	20
2.3.1. Análise da relação entre a precipitação e capacidade de uso do solo e NDVI*	20
2.3.2. Análise da relação entre NDVI* e abundâncias do Sisão	20

3. Resultados	22
3.1. Variabilidade espaço-temporal do NDVI*	22
3.2. Relação entre NDVI* e percentagem de área aberta.....	23
3.3. Relação entre a precipitação acumulada e NDVI*	24
3.4. Efeito da precipitação e capacidade de uso do solo no NDVI*	25
3.5. Relação entre NDVI* e a abundância do Sisão	26
4. Discussão	28
4.1. Influência da precipitação acumulada, percentagem de área aberta e produtividade dos solos no NDVI*	28
4.2. Efeito da precipitação e capacidade de uso do solo no NDVI*	29
5. Conclusão	31
5.1. Impacto das alterações climáticas no Sisão	31
5.2. Recomendações de gestão.....	32
Referências Bibliográficas	XI

Índice de figuras

Figura 1 - Distribuição global do Sisão. Linhas castanhas a negrito representam populações residentes, linhas vermelhas a negrito representam populações que se reproduzem e linhas vermelhas finas representam populações que não se reproduzem.	3
Figura 2 - Anomalias anuais na temperatura global do ar à superfície (°C), durante o período de 1850 a 2005 relativas à média entre 1961 e 1990 de acordo com o modelo CRUTEM3 (Brohan et al., 2006). A curva a preto de CRUTEM3 é comparada com as de NCDC (Smith & Reynolds, 2005; azul), GISS (Hansen et al., 2001; vermelho) e Lugina et al. (2005; verde).	8
Figura 3 - Anomalias anuais da temperatura máxima, mínima e amplitude térmica (DTR) em °C, relativas à média entre 1961 e 1990. As curvas representam variações por década.	8
Figura 4 - Anomalias de precipitação anuais globais (mm) da série temporal de 1900 a 2005 de GHCN com o período base de 1981 a 2000. As curvas representam variações por década para a base de dados de GHCN (Peterson & Vose, 1997), PREC/L (Chen et al., 2002), GPCP (Adler et al., 2003), GPCC (Rudolf et al., 1994) e CRU (Mitchell & Jones, 2005).	9
Figura 5 - Evolução das médias das temperaturas máxima (curva de cima) e mínima (curva de baixo) em Portugal Continental. Sobrepostas estão as linhas de tendência para os períodos propostos por Karl et al., 2000.	10
Figura 6 - Variação da precipitação média mensal em Portugal Continental. Anomalia entre os períodos de 1971 a 2000 e 1941 a 1970.	11
Figura 7 – Média multimodelo do aquecimento médio anual à superfície (variação na temperatura do ar à superfície em °C) para os cenários B1 (topo), A1B (centro), e A2 (base) e para três séries temporais: 2011 a 2030 (esquerda), 2046 a 2065 (centro) e 2080 a 2099 (direita). As variações na temperatura do ar são relativas à média observada de 1980 a 1999.	12
Figura 8 – Variações médias multi-modelo na precipitação média (mm dia ⁻¹) para o cenário A1B na série temporal de 2080 a 2099, relativamente à média do período de 1980 a 1999. Regiões a pontado indicam uma consistência de 80% nas alterações previstas pelos modelos.	12
Figura 9 - Mudanças de temperatura e precipitação na Europa das simulações MMD-A1B. Variações da temperatura (topo) e da precipitação (base) entre 1980 a 1999 e 2080 a 2099 calculada através da média de 21 modelos. À esquerda: média anual, ao centro: no período de dezembro a fevereiro (DJF) e à direita: no período de junho a agosto (JJA).	13

Figura 10 - Anomalia da temperatura mínima no inverno (topo) e máxima no verão (base) de acordo com o modelo HadRM3 para os cenários A2 (esquerda) e B2 (direita), tendo em conta a normal climática de 1961 a 1990.....	14
Figura 11 - Anomalia da precipitação média anual no modelo HadRM3, no período de 2070 a 2100, para o cenário A2, com base na média climática de 1961 a 1990.....	15
Figura 12 – Anomalia da precipitação média nos meses de inverno (topo à esquerda, primavera (topo à direita), verão (base à esquerda) e outono (base à direita) no modelo HadRM3, no período de 2070 a 2100, para o cenário A2, com base na média climática de 1961 a 1990.....	15
Figura 13 – Região do Alentejo (a preto) com a área de estudo delimitada a vermelho. Zonas de proteção especial (ZPE) delimitadas a verde.	16
Figura 14 - Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Koppen.	17
Figura 15 - Precipitação acumulada anual para Portugal Continental.	17
Figura 16 - Região do Alentejo (a preto) com a área de estudo delimitada a vermelho e pontos de escuta a azul.	19
Figura 17 – Distribuição da frequência de valores de NDVI* registados ao longo dos 24 anos	22
Figura 18 - Variação temporal dos valores de NDVI* considerando o conjunto de células da área de estudo, no período de 1982 a 2006.	22
Figura 19 - Variação espacial dos valores de NDVI* em cada célula da área de estudo, no período de 1982 a 2006.	23
Figura 20 – Relação entre os valores de NDVI* e a área aberta na área de estudo no período de 1982 e 2006.	24
Figura 21 - Distribuição da precipitação acumulada na área de estudo, no período de 1982 a 2006.	25
Figura 22 - Relação entre o NDVI* e a precipitação acumulada para cada célula da área de estudo, no período de 1982 a 2006.	25
Figura 23 - Resultado final do modelo com as respostas do NDVI* a variar consoante a precipitação acumulada e a capacidade de uso do solo (solos bons (A+B) – verde, solos médios (C+D) – preto, solos menos bons (E+F) – vermelho), no período de 1982 a 2006.	26
Figura 24 – Relação entre o NDVI* e a abundância de Sisões na área de estudo, no período de 2003 a 2006. Cada ponto representa uma célula da área de estudo.....	27
Figura 25 - Esquema representativo da relação entre o clima, as práticas agrícolas e as populações de aves estepárias.....	32

Índice de quadros

Quadro 1 – Resultado do GLMM, indicando os coeficientes das variáveis, erro padrão, valor do teste t e nível de significância.	26
Quadro 2 – Resumo da regressão linear entre o NDVI* e a abundância do Sisão	27

Lista de abreviaturas

AIC	Akaike's Information Criteria
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
CLC	CORINE Land Cover
CUSO	Capacidade de Uso do Solo
GIMMS	Global Inventory Modeling and Mapping Studies
GLMM	Generalized Linear Mixed Model
IBA	Important Bird Area
ICN	Instituto da Conservação da Natureza
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IUCN	International Union for Conservation of Nature
NDVI	Normalized Difference Vegetation Indices
SIAM	Scenarios, Impacts and Adaptation Measures
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SPEC	Species of European Conservation Concern
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
UNEP	United Nations Environment Programme
WMO	World Meteorological Organization
ZPE	Zona de Proteção Especial

1. Introdução

O Sisão (*Tetrax tetrax*), é uma ave que durante o período reprodutor, depende essencialmente dos sistemas agrícolas extensivos, principalmente de pousios e de pastagens (Salamolard & Moreau, 1999; Wolff et al., 2001; Morales et al., 2005; Silva et al., 2010; Moreira et al., 2012). A Península Ibérica concentra a população mais importante desta espécie da Europa Ocidental (Iñigo & Borov, 2010) e em Portugal esta espécie encontra-se em maior abundância na região do Alentejo (Silva & Pinto, 2006). É uma espécie classificada como Quase Ameaçada a nível global (IUCN, 2012) e Vulnerável na Europa (Birdlife, 2004) assim como em Portugal e Espanha (ICN, 2006).

Durante o período reprodutor, o Sisão mostra preferência por uma estrutura da vegetação que lhe favoreça proteção de potenciais perigos e exposição para as suas paradas nupciais (Martínez, 1994; Morales et al., 2008; Silva, 2010). O Sisão alimenta-se maioritariamente de matéria vegetal verde (Jiguet, 2002) por isso tende a procurar um habitat com uma determinada qualidade na vegetação, adequada aos seus hábitos alimentares. O Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), derivado de imagens de satélite, pode ser interpretado como um índice de “verdura” da vegetação (Suárez-Seonane et al., 2002), tendo por isso um elevado potencial como descritor da qualidade de habitat do Sisão. O NDVI é um bom indicador da capacidade de absorção da radiação fotossintética ativa por parte da vegetação e é fortemente influenciado por fatores físicos como a capacidade de uso do solo e vegetação e por fatores climáticos como a precipitação e a temperatura (Wang et al., 2003).

Estudos realizados por Wang et al. em 2001 e 2003, nas Grandes Planícies dos Estados Unidos da América, reconhecem que a “verdura” da vegetação (NDVI) da primavera está fortemente correlacionada com a precipitação que ocorre anteriormente à época de crescimento das culturas, o que significa que a precipitação de outono e inverno vai influenciar o crescimento da vegetação durante a primavera. Sendo o início da primavera coincidente com o início da época reprodutora do Sisão, é importante analisar como a precipitação acumulada de outono e inverno influencia a vegetação do habitat do Sisão em Portugal. A capacidade de uso do solo torna-se um fator importante para o estudo, pois no Alentejo existem solos com diferentes tipos de produtividade que podem influenciar os valores de NDVI que por sua vez pode influenciar de algum modo a distribuição do Sisão.

Por isso dos fatores mencionados (físicos e climáticos), nesta dissertação será estudada a influência da precipitação acumulada anterior à época de reprodução (de outubro a abril) e da capacidade de uso do solo nos valores do NDVI, no início da época reprodutora do Sisão (segunda quinzena de abril), sendo a área de estudo a região do Alentejo.

Sabendo que a precipitação nos meses anteriores à época de reprodução do Sisão tem um efeito positivo no crescimento da vegetação e nos recursos alimentares que podem explicar as variações populacionais do Sisão (Delgado et al., 2009; Delgado & Moreira, 2010), nesta dissertação vai-se também estudar como as abundâncias do Sisão no início da época reprodutiva se relacionam com o NDVI, modelando a sua relação. Para o efeito serão usados os dados do censo Life Sisão (Silva & Pinto, 2006) que decorreu entre 2003 e 2006.

A existência de alterações nos padrões climáticos é hoje em dia um facto do conhecimento geral que está cientificamente comprovado. Uma das causas destas alterações provocadas pela atividade do Homem é o constante aumento das emissões de gases com efeito de estufa como o dióxido de carbono - CO₂. De um modo geral, estas alterações manifestam-se com o aumento da temperatura, diminuição da precipitação e maior frequência na ocorrência de eventos extremos (IPCC, 2007). Mas estas alterações não se ficam pelo presente e vão-se intensificar no futuro. Como foi anteriormente referido, as condições climáticas são um dos fatores que influenciam a qualidade da vegetação num habitat, que por sua vez, pode afetar a abundância da população do Sisão. Por isso, é de extrema importância prever quais serão os impactos que irão ocorrer na qualidade do habitat do Sisão devido às alterações climáticas, pois esta é uma espécie de elevado interesse em termos de conservação, que coincide, na Península Ibérica, com uma zona particularmente vulnerável às alterações climáticas.

1.1. Objetivos

Nesta dissertação pretende-se compreender de que forma as alterações climáticas poderão afetar a qualidade do habitat no início do período reprodutor do Sisão (segunda quinzena de abril). Para esse efeito vai-se analisar de que forma os fatores climáticos, nomeadamente a precipitação acumulada e a capacidade de uso do solo podem influenciar o NDVI, usando para o efeito uma série temporal de 25 anos. Por outro lado, pretende-se entender como o NDVI se relaciona com a densidade de Sísões. Face aos resultados obtidos discutem-se quais as repercussões que os cenários das alterações climáticas podem ter nas populações reprodutoras de Sisão em Portugal.

Nos subcapítulos seguintes encontram-se informações mais detalhadas sobre a espécie em estudo, o Sisão e os padrões e previsões das alterações climáticas a nível global e regional.

1.2. O Sisão

O Sisão *Tetrax tetrax* é uma ave de média estatura da família *Otididae* (Morales et al., 2005; Silva, 2010) que habita, preferencialmente, áreas agrícolas pouco intensivas (De

Juana & Martinez, 1996; Salamolard & Moreau, 1999; Wolff et al., 2001; Morales et al., 2005; Delgado & Moreira, 2010).

1.2.1. Distribuição global e nacional

O Sisão tem uma distribuição Paleártica fragmentada que vai desde a Península Ibérica e norte de Marrocos até ao noroeste da China. Atualmente existem dois núcleos onde a população desta espécie é mais importante: a Oeste da Europa englobando a Península Ibérica, França, Itália (Sardenha) e o norte de Marrocos e a Este que inclui principalmente a zona sudeste da Ucrânia, o Cazaquistão e a zona sudoeste da Rússia (Figura 1) (Birdlife, 2012).



Figura 1 - Distribuição global do Sisão. Linhas castanhas a negrito representam populações residentes, linhas vermelhas a negrito representam populações que se reproduzem e linhas vermelhas finas representam populações que não se reproduzem. Retirado de Silva, 2010.

Globalmente, a população do Sisão foi estimada em 260.000 indivíduos, sendo a Península Ibérica o local onde habitam mais de metade da população mundial (De Juana & Martinez, 1996; Iñigo & Barov, 2010). Mas este número tem vindo a diminuir uma vez que a tendência populacional desta espécie é decrescente (Birdlife, 2012).

Em Portugal, cerca de 85% da população nacional ocorre na área do Alentejo incluindo aproximadamente 90 a 95% da população reprodutora (Silva, 2010). Em 2006, após o censo do Sisão pelo projeto Life Sisão, estimou-se que Portugal teria uma população de cerca de 17.500 machos reprodutores, sendo que as Áreas Importantes para Aves (IBA) mais relevantes para a reprodução do Sisão albergariam cerca de 41% da população reprodutora (Silva & Pinto, 2006).

1.2.2. Preferências de habitat

O Sisão na Península Ibérica, durante o período reprodutor, está sobretudo associado às culturas cerealíferas extensivas, principalmente ao pousio e a pastagens extensivas (Salamolard & Moreau, 1999; Wolff et al., 2001; Morales et al., 2005) e pastagens (Wolff et al., 2001; Silva et al., 2010). O pastoreio de vacas é considerado mais vantajoso que o pastoreio de ovelhas, pois promove a heterogeneidade na estrutura da vegetação e proporciona melhores e mais abundantes recursos alimentares preferidos pelo Sisão (Reino et al., 2010). De um modo geral, a abundância do Sisão diminui com o aumento da intensificação e da homogeneização na agricultura (Wolff et al., 2001; Garcia et al., 2007; Delgado & Moreira, 2010; Moreira et al., 2012).

Durante o inverno, o Sisão prefere refugiar-se no topo de colinas com uma altura média de vegetação e densidade que proporcione boa cobertura e boa visibilidade para eventuais predadores. A boa visibilidade proporcionada pela vegetação também é importante para a formação de bandos o que facilita a vigilância do conjunto dos indivíduos (Silva et al., 2004).

Quanto ao micro-habitat, o Sisão mostra preferência por uma vegetação baixa entre 15 e 30 cm (Silva et al., 2007; Delgado & Moreira, 2010) para que possa proporcionar um balanço entre a visibilidade para exibição na época de reprodução e proteção de ameaças principalmente vindas de predadores (Salamolard & Moreau, 1999; Silva et al., 2007), sendo também importante que haja bons recursos alimentares no local (Jiguet et al., 2000). As fêmeas por outro lado, escolhem locais com vegetação mais densa para maior proteção e vigilância com uma altura média acima dos 30 cm (Morales et al., 2008) como é o caso das culturas permanentes que são locais com maior diversidade e abundância de alimento e mais adequado para a nidificação (Jiguet et al., 2000).

Além do tipo de paisagem e de vegetação existem outros fatores que influenciam também a densidade do Sisão, como a precipitação (Delgado & Moreira, 2010). Estudos revelam que a precipitação nos meses de outono e inverno que antecedem o início da época de reprodução do Sisão influencia de forma positiva as densidades da espécie, pois esta tem um efeito direto não só na estrutura, crescimento e qualidade da vegetação, fatores decisivos para a disponibilidade de um habitat adequado na época de reprodução mas também na abundância de alimento (Delgado et al., 2009; Delgado & Moreira, 2010). Por a precipitação nos meses antecedentes à época de reprodução ser um fator tão importante na distribuição do sisão, esta será uma das questões abordadas de forma mais aprofundada ao longo desta dissertação.

Quanto ao NDVI, este pode ser considerado um bom preditor da qualidade do habitat do Sisão, sendo também positivamente influenciado pela precipitação (Wang et al., 2001;

Wang et al., 2003), ou seja, a precipitação influencia a qualidade da vegetação (NDVI) que por sua vez poderá influenciar a distribuição do Sisão no início da época de reprodução.

1.2.3. Reprodução

O sistema de acasalamento do Sisão é em leque disperso ou *exploded lek* em que os machos agrupam-se e defendem grandes territórios para exibirem-se às fêmeas que os visitam para acasalar e onde os machos não têm qualquer cuidado parental para com as crias (Jiguet et al, 2000; Jiguet & Bretagnolle, 2006).

De acordo com Jiguet e Bretagnolle (2006), existem quatro modelos que caracterizam um sistema de acasalamento em leque:

- 1) Modelo de *hotspot*, que se caracteriza por locais com densidades elevadas de fêmeas e onde os machos estabelecem os territórios para aumentar as probabilidades de reprodução;
- 2) Modelo da preferência das fêmeas por machos agrupados onde existem maiores hipóteses de acasalar - aqui pode escolher o melhor macho de entre vários e há menos ataques de predadores;
- 3) Modelo de machos *hotshot*, onde as fêmeas preferem acasalar com um macho mais atrativo mas que este além de atrair fêmeas atrai também machos menos atrativos que se aproveitam do seu magnetismo para aumentar a oportunidade de acasalamento, criando assim os leques;
- 4) Modelo de buraco negro, onde as fêmeas assumem um papel bastante móvel e acasalam com um macho que está presente no seu território.

O único modelo que não se aplica no caso do Sisão é o modelo de *hotspot*, pois os machos não estabelecem territórios de acordo com a abundância de fêmeas na zona (Jiguet & Bretagnolle, 2006). Estudos revelaram que o estabelecimento de territórios pelos machos vão mais de encontro com as próprias necessidades em relação ao tipo de vegetação e à abundância e tipo de alimento do que de encontro com as preferências das fêmeas. Apesar disso, há machos que defendem territórios maiores para que possam abranger tanto habitats preferidos por ele, como habitats preferidos pelas fêmeas para nidificação (Jiguet et al., 2000). Mas mesmo que os machos se encontrem em zonas que as fêmeas podem preferir, não existe nenhuma relação que indique que estas escolham os parceiros de acordo com o habitat, em vez disso é mais provável que selecionem de acordo com as características intrínsecas do próprio macho (Jiguet et al., 2002).

1.2.4. Ameaças ao Sisão e ao seu habitat

Como já foi referido anteriormente, a tendência populacional do Sisão está em declínio sendo, por isso uma espécie classificada como Quase Ameaçada a nível global (IUCN, 2012), Vulnerável na Europa (Birdlife, 2004) assim como em Portugal e Espanha (ICN, 2006) e é uma Espécie Europeia de Interesse de Conservação Global – SPEC 1 (Birdlife 2004).

Uma das principais causas para o declínio do Sisão em diferentes países é a perda de habitat devido à intensificação da agricultura (De Juana & Martinez, 1999; Wolff et al., 2001; Morales et al., 2005; Iñigo & Barov, 2010). A adoção de sistemas de rega promove a substituição das culturas cerealíferas extensivas, diminuindo significativamente o habitat preferido pelo Sisão (García et al., 2007; Iñigo & Barov, 2010). O aumento da mecanização e uso de agroquímicos na agricultura potencia a destruição dos ninhos e diminui a quantidade de insetos, alimento fundamental para o desenvolvimento das crias (Wolff et al, 2001; Jiguet, 2002). Os proprietários de campos agrícolas tendem a cultivar mais intensivamente os solos mais produtivos e a abandonar os solos menos produtivos, com a consequente alteração da estrutura da vegetação através do desenvolvimento de matos ou a conversão em florestas. Esta alteração tem como consequência o crescimento da vegetação além do limite ideal de preferência do Sisão (Reino et al, 2010). A agricultura intensiva leva também à homogeneização da paisagem, fazendo diminuir a diversidade de mosaicos no habitat, reduzindo os pousios (De Juana & Martinez, 1999; Garcia et al., 2007; Delgado & Moreira, 2010; Iñigo & Barov, 2010; Moreira et al., 2012). A substituição da agricultura tradicional por culturas permanentes (Morales et al., 2005; Garcia et al., 2007; Silva et al., 2007) e a má gestão do pastoreio são outros fatores de ameaça ao habitat do Sisão (Wolff et al. 2001; Delgado & Moreira, 2010), uma vez que o sobre pastoreio leva à redução drástica da altura da vegetação.

Mas não são só as alterações feitas diretamente pelo Homem que ameaçam o habitat do Sisão, os fatores climáticos também influenciam as densidades desta espécie. A precipitação tem um efeito positivo no crescimento da vegetação e na abundância de recursos alimentares, como já foi referido anteriormente. Caso a precipitação seja escassa nos meses anteriores à época de reprodução, os indivíduos são imediatamente afetados (Delgado et al., 2009). Estudos conduzidos por Delgado et al. em 2009 revelaram que existe uma fraca relação entre as tendências populacionais e a precipitação ocorrida dois anos antes da atual época reprodutiva, sugerindo que o Sisão mostra uma alta capacidade para responder a mudanças ambientais de curto prazo. Assim sendo, o Sisão é uma das espécies que se tornará vulnerável às mudanças do clima que já se fazem sentir em todo o globo e principalmente no Mediterrâneo (Delgado et al., 2009; Delgado & Moreira, 2010).

1.3. As Alterações Climáticas

O Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) é o principal organismo internacional para a avaliação da mudança do clima. Foi estabelecido pela Organização das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e pela Organização Meteorológica Mundial (WMO) em 1988 para fornecer ao mundo uma visão científica esclarecida sobre o estado atual do conhecimento sobre as alterações do clima e os seus potenciais impactos ambientais e socioeconómicos. Em 2007, o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas elaborou o quarto relatório de avaliação sobre as alterações climáticas a nível global (IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 – AR4). Os padrões das alterações climáticas até hoje e as previsões das mudanças no clima para o futuro até 2100 podem ser consultados neste relatório, tanto a nível global como a nível regional.

Para analisar a mesma informação para Portugal, existe o Projecto SIAM – “Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures”. Este projeto iniciou-se em 1999 e teve como objetivo a realização da primeira avaliação aos impactos das alterações climáticas em Portugal que resultou em dois relatórios: SIAM I (Santos et al., 2002) e SIAM II (Santos & Miranda, 2006).

1.3.1. Padrões das alterações climáticas

1.3.1.1. Globais

De acordo com o relatório do IPCC, a temperatura do ar à superfície tem vindo a aumentar consideravelmente desde a década de 60 (Figura 2). Só no período de 1980 a 2005 a temperatura aumentou cerca de 0,6 a 0,8 °C relativamente à média climática de 1961 e 1990. Em 1901 o aumento da temperatura esperado era cerca de 0,05 a 0,1 °C por década e em 1979 o aumento da temperatura esperado passou a ser de cerca de 0,1 a 0,4 °C por década com tendência para aumentar nos próximos anos (Trenberth et al., 2007).

Este aumento da temperatura é refletido num aumento mais acentuado na temperatura mínima do que na temperatura máxima, tendo como consequência a diminuição da amplitude térmica (Figura 3). De 1950 a 2004, a tendência anual da temperatura mínima do ar foi de 0,20 °C por década e a da temperatura máxima foi de 0,14 °C por década (Trenberth et al., 2007).

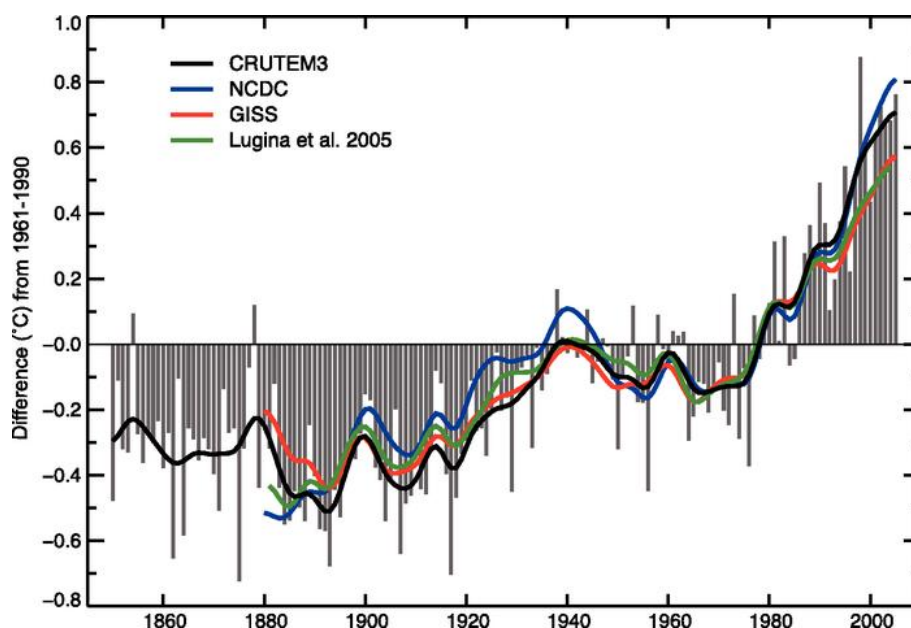


Figura 2 - Anomalias anuais na temperatura global do ar à superfície (°C), durante o período de 1850 a 2005 relativas à média entre 1961 e 1990 de acordo com o modelo CRUTEM3 (Brohan et al., 2006). A curva a preto de CRUTEM3 é comparada com as de NCDC (Smith & Reynolds, 2005; azul), GISS (Hansen et al., 2001; vermelho) e Lugina et al. (2005; verde). Retirado de Trenberth et al., 2007.

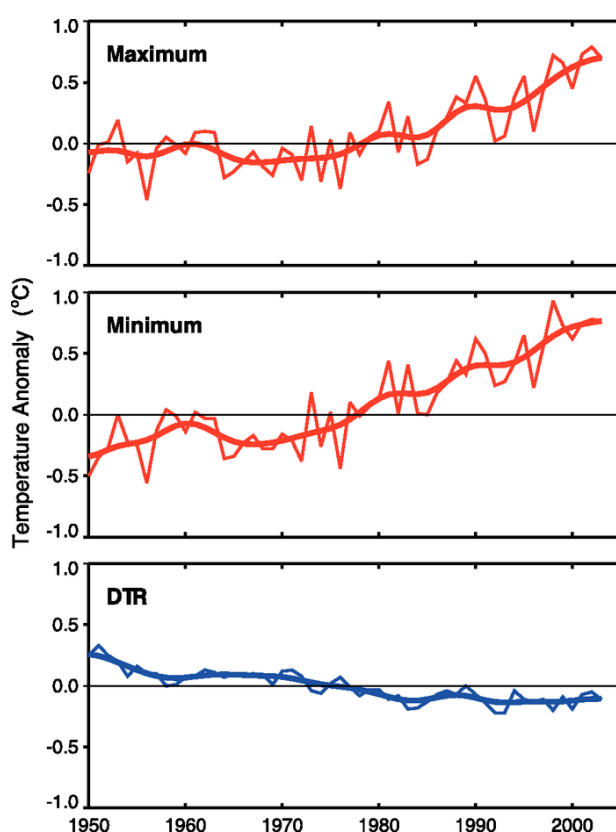


Figura 3 - Anomalias anuais da temperatura máxima, mínima e amplitude térmica (DTR) em °C, relativas à média entre 1961 e 1990. As curvas representam variações por década. Retirado de Trenberth et al., 2007.

Em relação à precipitação, apesar do relatório do IPCC ter verificado algumas alterações na precipitação média nas últimas décadas, é difícil prever à escala global qual é

a tendência da precipitação (Figura 4). Globalmente, existem diferentes regiões com tendências de precipitação média muito distintas. Por exemplo, nas regiões de alta altitude na América do Norte, como o Canadá, a precipitação anual aumentou no período de 1900 a 2005. Já no sudoeste dos EUA e noroeste do México a precipitação tem vindo a diminuir no mesmo período, verificando-se períodos de seca nos últimos anos. Na América do Sul, ao longo da bacia do Rio Amazonas a tendência da precipitação é positiva ao contrário do que sucede no Chile e na costa oeste da América do Sul. Também na África Ocidental e Eurásia a precipitação tem diminuído e no noroeste da Austrália a tendência tem sido bastante positiva (Trenberth et al., 2007).

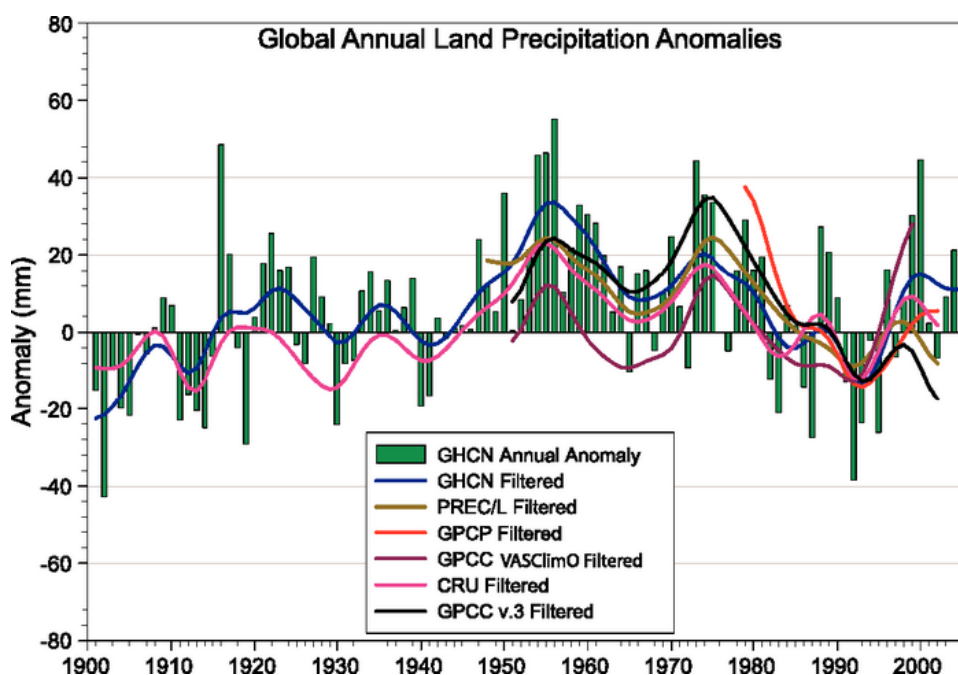


Figura 4 - Anomalias de precipitação anuais globais (mm) da série temporal de 1900 a 2005 de GHCN com o período base de 1981 a 2000. As curvas representam variações por década para a base de dados de GHCN (Peterson & Vose, 1997), PREC/L (Chen et al., 2002), GPCP (Adler et al., 2003), GPCC (Rudolf et al., 1994) e CRU (Mitchell & Jones, 2005). Retirado de Trenberth et al., 2007.

1.3.1.2. Na Europa

A temperatura do ar na Europa sofreu um aquecimento médio de 0,9 °C no período de 1901 a 2005. Mas no período mais recente (1979 - 2005) a tendência é consideravelmente mais elevada, sendo de 0,41 °C por década. Neste período o aquecimento foi mais pronunciado no norte e centro da Europa e nas regiões montanhosas e menos acentuado na região mediterrânea. O aumento da temperatura é mais evidente no inverno do que no verão (Alcamo et al., 2007).

A média da precipitação no inverno está a aumentar na maior parte do Atlântico e no norte da Europa e pelo contrário, a Este do Mediterrâneo a tendência é negativa. Mas a

precipitação média por dia húmido é crescente em grande parte do continente, mesmo nas regiões que estão a tornar-se mais áridas (Alcamo et al., 2007).

1.3.1.3. Em Portugal

Em Portugal, as variações da temperatura na série temporal entre 1931 e 2000 apresentam a mesma tendência que as temperaturas observadas a nível global. Também aqui a temperatura mínima tem aumentado mais que a temperatura máxima, fazendo diminuir a amplitude térmica (Figura 5). No período de aquecimento mais recente (1975-2000) a temperatura mínima aumentou $0,48^{\circ}\text{C}$ por década, enquanto a temperatura máxima aumentou $0,47^{\circ}\text{C}$ por década (Santos & Miranda, 2006). A diferença pode ser mínima, mas a longo prazo o resultado será maximizado.

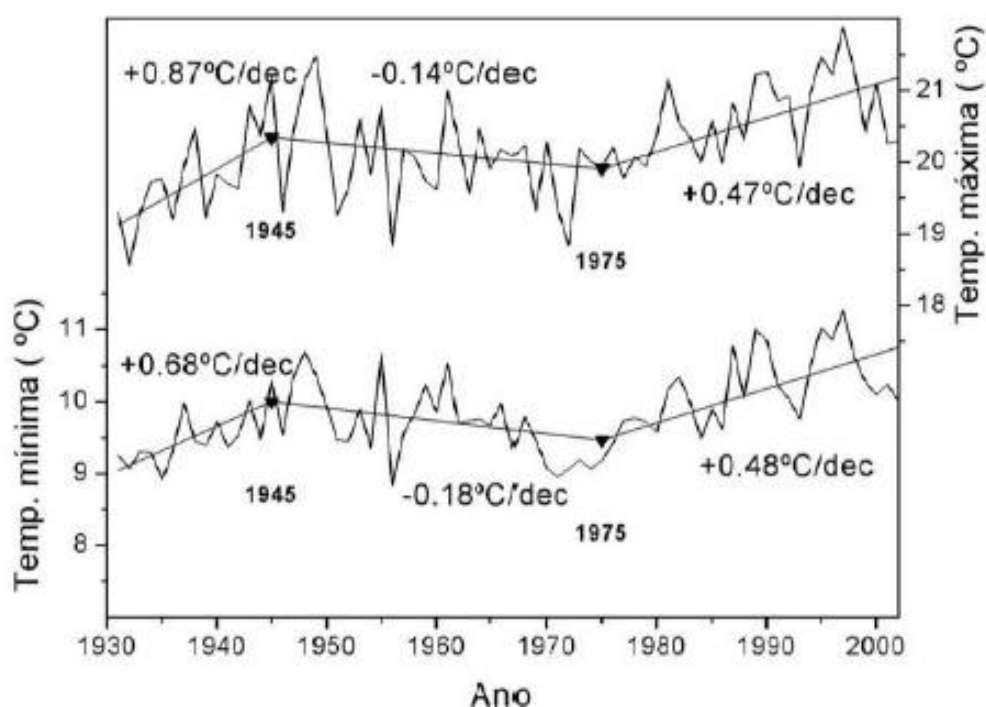


Figura 5 - Evolução das médias das temperaturas máxima (curva de cima) e mínima (curva de baixo) em Portugal Continental. Sobrepostas estão as linhas de tendência para os períodos propostos por Karl et al., 2000. Retirado de Santos & Miranda, 2006.

Quanto à evolução da precipitação, no período de 1971 a 2000, Portugal segue a tendência global na diminuição da precipitação que se reflete de modo desigual ao longo do ano, existindo uma diminuição mais significativa da precipitação no inverno e início de primavera (Figura 6) (Santos & Miranda, 2006).

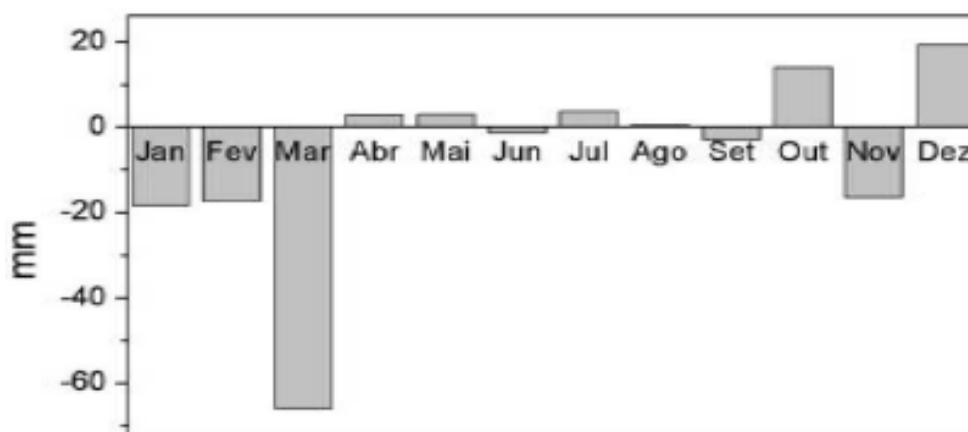


Figura 6 - Variação da precipitação média mensal em Portugal Continental. Anomalia entre os períodos de 1971 a 2000 e 1941 a 1970. Retirado de Santos & Miranda, 2006.

1.3.2. Previsões das alterações climáticas

1.3.2.1. Globais

As previsões das alterações climáticas baseiam-se em cenários de emissões de dióxido de carbono, pois este é um dos principais fatores que tem vindo a influenciar o clima. Assim sendo, os três dos cenários propostos são (relativo às emissões de CO₂): A2 para emissões altas, A1B para emissões médias-altas e B2 para médias-baixas.

De acordo com estes cenários e fazendo uma média com diferentes modelos, pode-se esperar um aumento global na temperatura superficial do ar (Figura 7). O aquecimento das superfícies continentais é evidente e expectável. Sobre o oceano, o aumento da temperatura é mais evidente no Ártico e ao longo do Equador e menos evidente no Atlântico Norte e ao largo da Antártida (Meehl et al., 2007).

Os modelos preveem um aumento da precipitação, juntamente com o aumento da temperatura do ar (Figura 8). Tal como na temperatura, a precipitação também tem variações espaciais e temporais, mas estas são menos precisas e mais difíceis de prever. De um modo geral, no futuro haverá um aumento na precipitação em regiões de latitudes elevadas e também sobre os oceanos tropicais e nalgumas zonas de regimes de monções (como no sul da Ásia e na Austrália). Pelo contrário, a precipitação irá diminuir em zonas subtropicais e no verão em latitudes médias (Meehl et al., 2007).

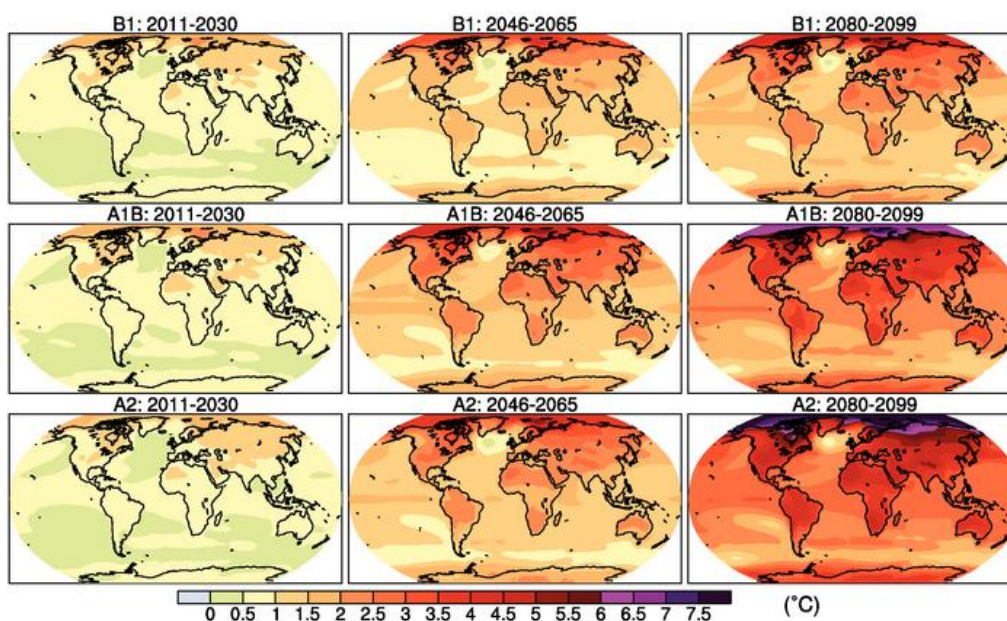


Figura 7 – Média multimodelo do aquecimento médio anual à superfície (variação na temperatura do ar à superfície em °C) para os cenários B1 (topo), A1B (centro), e A2 (base) e para três séries temporais: 2011 a 2030 (esquerda), 2046 a 2065 (centro) e 2080 a 2099 (direita). As variações na temperatura do ar são relativas à média observada de 1980 a 1999. Retirado de Meehl et al., 2007.

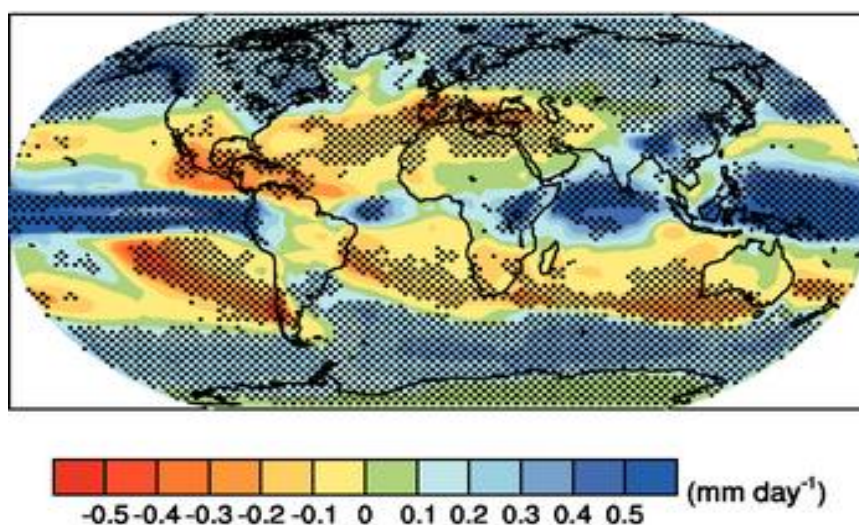


Figura 8 – Variações médias multi-modelo na precipitação média (mm dia⁻¹) para o cenário A1B na série temporal de 2080 a 2099, relativamente à média do período de 1980 a 1999. Regiões a pontilhado indicam uma consistência de 80% nas alterações previstas pelos modelos. Retirado de Meehl et al., 2007

1.3.2.2. Na Europa

As temperaturas médias na Europa provavelmente irão aumentar mais que as temperaturas médias globais. Para o período de 2080 a 2099, tendo como base o período de 1980 a 1999, prevê-se que a temperatura irá aumentar mais no norte da Europa no

inverno e a sul no verão (Figura 9). Um dos aumentos mais acentuados ocorre no sudoeste da Europa sendo que nalgumas regiões da França e da Península Ibérica prevê-se um aumento superior a 6 °C (Christensen et al., 2007; Alcamo et al., 2007).

De um modo geral, todos os cenários preveem um aumento na precipitação média anual no norte da Europa, diminuindo gradualmente para sul, sendo que no sul e centro a precipitação pode decrescer até 70%, segundo alguns modelos. No centro da Europa a precipitação vai tender a aumentar no inverno e diminuir no verão (Figura 9). Na região do Mediterrâneo, o número anual de dias de precipitação irá diminuir, aumentando o risco de seca no verão (Christensen et al., 2007; Alcamo et al., 2007).

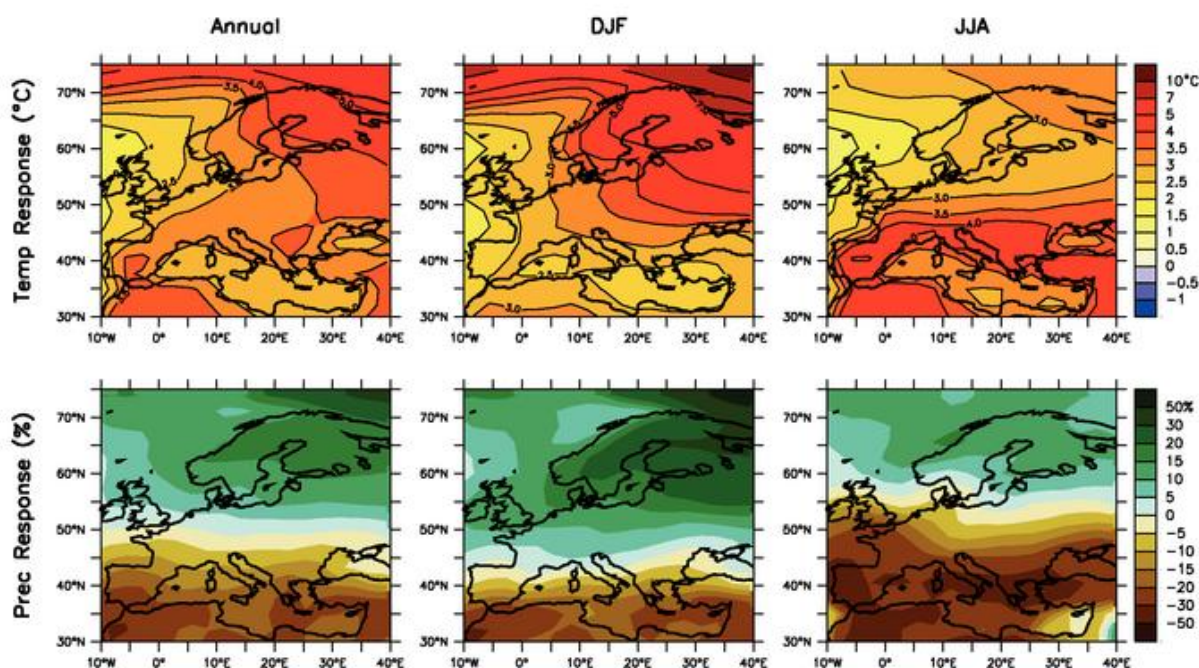


Figura 9 - Mudanças de temperatura e precipitação na Europa das simulações MMD-A1B. Variações da temperatura (topo) e da precipitação (base) entre 1980 a 1999 e 2080 a 2099 calculada através da média de 21 modelos. À esquerda: média anual, ao centro: no período de dezembro a fevereiro (DJF) e à direita: no período de junho a agosto (JJA). Retirado de Christensen et al., 2007.

1.3.2.3. Em Portugal

As previsões para Portugal Continental foram realizadas com um modelo regional - HadRM3 no período de 2070 a 2100 para dois possíveis cenários de emissões de CO₂: A2 - altas e B2 - médias baixas.

De acordo com estes modelos entre 2070 e 2100 Portugal Continental irá sofrer aumentos significativos na temperatura mínima e máxima. Em relação à temperatura mínima, no inverno a temperatura média irá aumentar entre 1,5 a 3 °C (Figura 10) e no verão prevê-se um aumento entre 2 a 5,5 °C, com base nos cenários de emissão A2 e B2.

Quanto à temperatura máxima, no inverno a temperatura vai sofrer uma subida entre 1,5 a 3,5 °C e no verão prevê-se uma subida entre 6 a 7 °C (Figura 10), para os mesmos cenários (Santos & Miranda, 2006).

As previsões referentes à precipitação para o mesmo período de 2070 a 2100, apontam para a redução da média anual que pode chegar até aos 50% no sul do país (Figura 11), de acordo com o cenário A2. Mas a diminuição da precipitação média está associada a variações sazonais, sendo mais acentuada nos meses de primavera e verão onde há reduções que podem chegar até aos 60% e 85%, respetivamente (Figura 12). As zonas costeiras serão as regiões com anomalias menores, onde poderá até haver um aumento da precipitação nos meses de verão (Santos & Miranda, 2006).

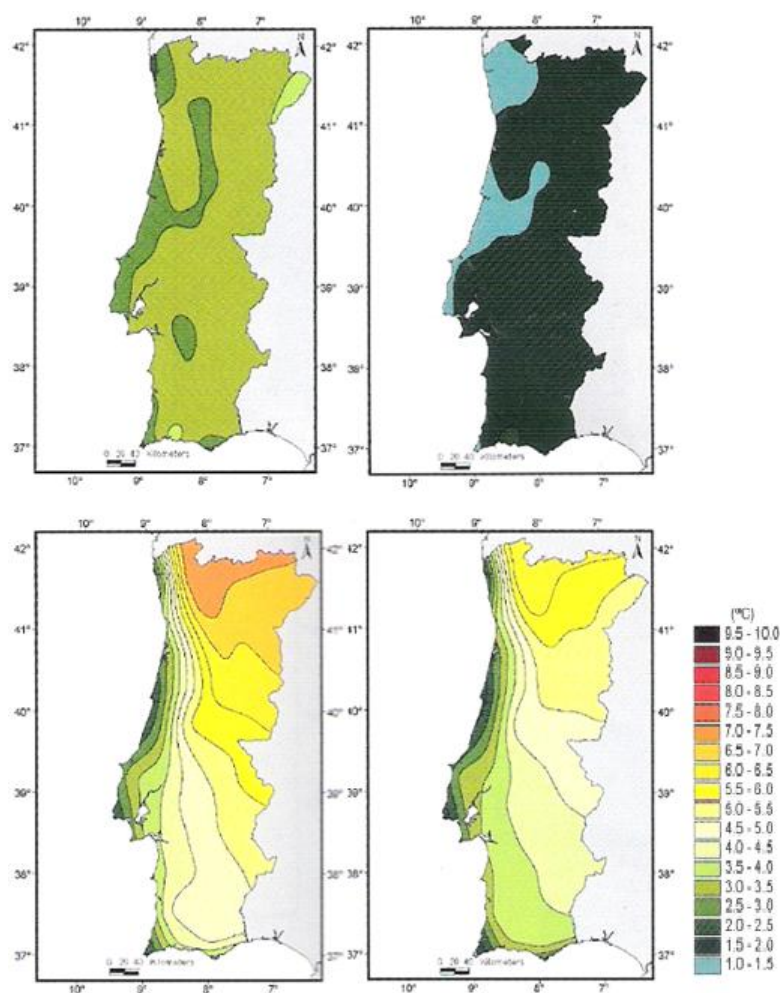


Figura 10 - Anomalia da temperatura mínima no inverno (topo) e máxima no verão (base) de acordo com o modelo HadRM3 para os cenários A2 (esquerda) e B2 (direita), tendo em conta a normal climática de 1961 a 1990. Retirado de Santos & Miranda, 2006.

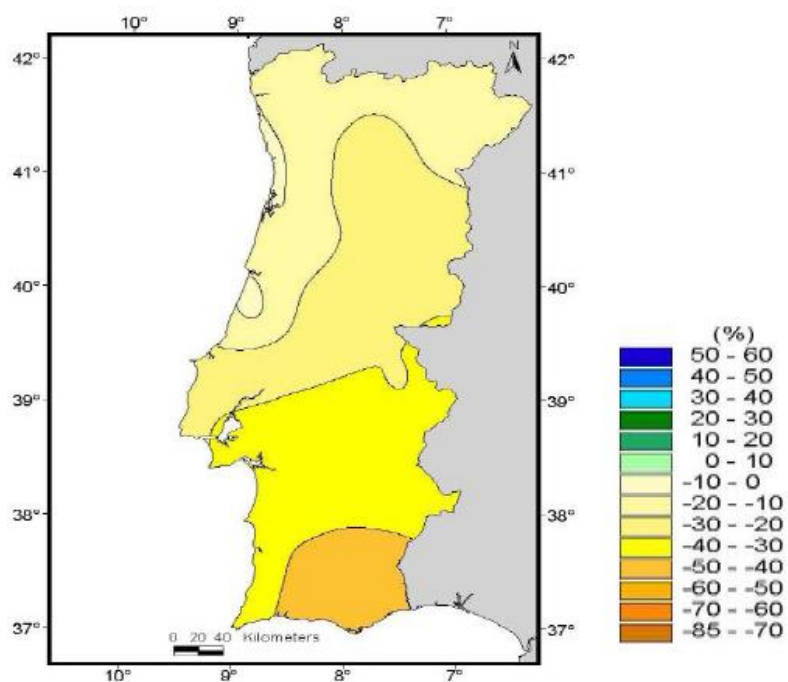


Figura 11 - Anomalia da precipitação média anual no modelo HadRM3, no período de 2070 a 2100, para o cenário A2, com base na média climática de 1961 a 1990. Retirado de Santos & Miranda, 2006.

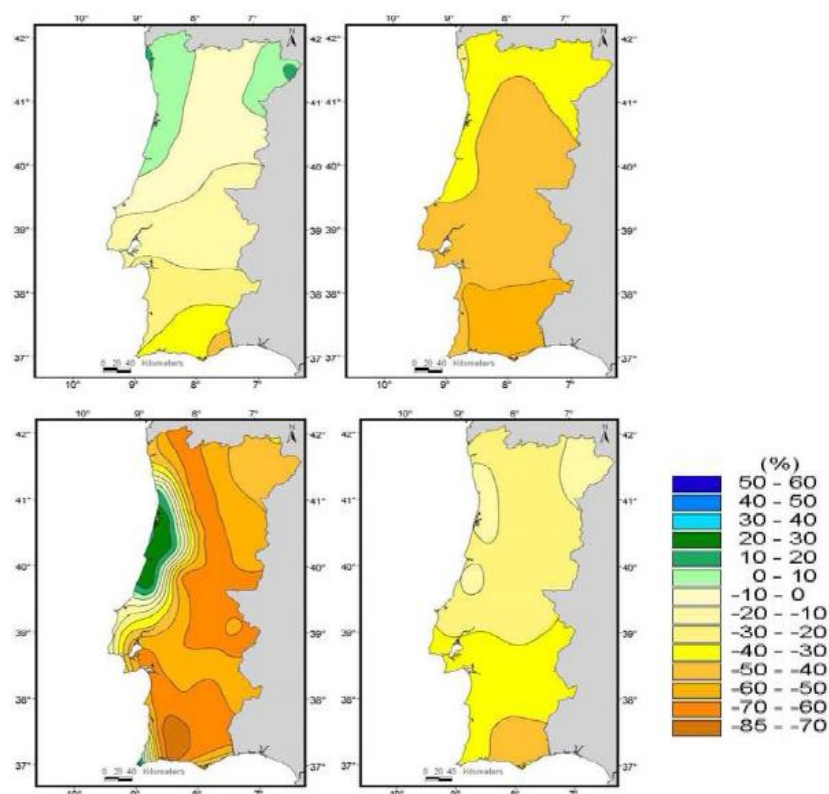


Figura 12 – Anomalia da precipitação média nos meses de inverno (topo à esquerda), primavera (topo à direita), verão (base à esquerda) e outono (base à direita) no modelo HadRM3, no período de 2070 a 2100, para o cenário A2, com base na média climática de 1961 a 1990. Retirado de Santos & Miranda, 2006.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

A área de estudo coincide com as regiões do Alentejo com área aberta superior a 50%, definida pelo mapa de caracterização do uso e ocupação do solo em 2006 para Portugal Continental – CORINE Land Cover 2006 (CLC 2006). Estas áreas abertas incluem as áreas mais importantes para a conservação das aves estepárias, que se encontram classificadas como Zonas de Proteção Especial (ZPE). As ZPE abrangidas pela área de estudo são de Campo Maior, São Vicente, Torre da Bolsa, Monforte, Vieiros, Vila Fernando, Évora (norte), Évora (sul), Reguengos, Mourão/Moura/Barrancos, Cuba, Castro Verde, Vale do Guadiana e Piçarras. Estima-se que mais de 90% da população nacional do Sisão habita as áreas abertas no Alentejo (Silva & Pinto, 2006), caracterizadas por culturas temporárias de sequeiro, culturas temporárias de regadio e pastagens permanentes. As áreas que não são consideradas abertas podem ser caracterizadas por culturas permanentes, floresta, espaços artificiais (infraestruturas) ou outro tipo de usos.

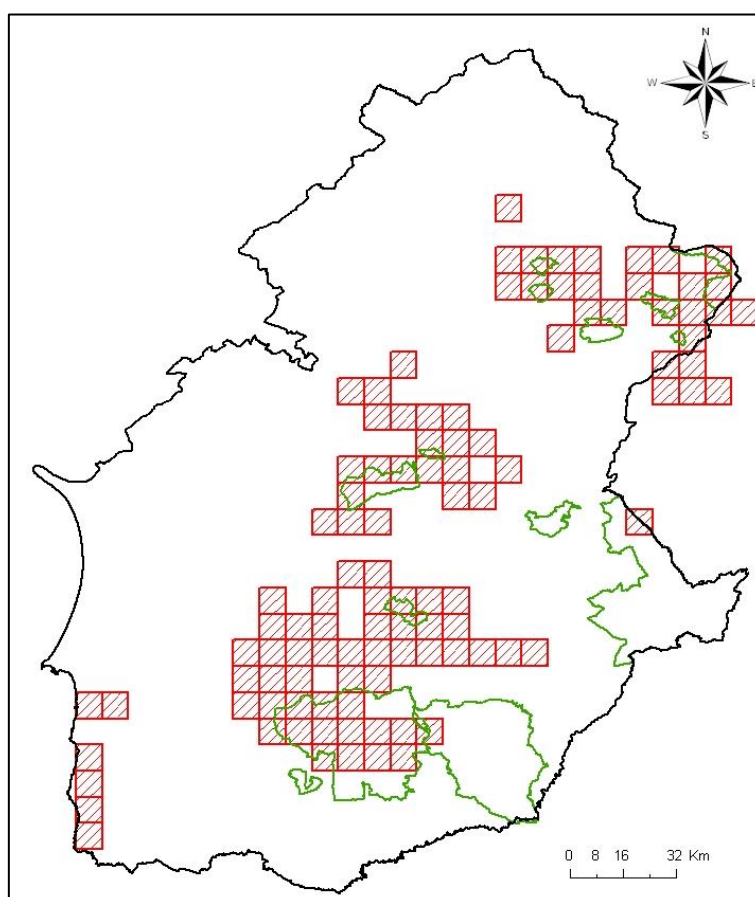


Figura 13 – Região do Alentejo (a preto) com a área de estudo delimitada a vermelho. Zonas de proteção especial (ZPE) delimitadas a verde.

A Cartografia da área aberta do Alentejo, extraída do CLC 2006, foi projetada num Sistema de Informação Geográfica (SIG) tendo-se realizado um *intersect* com um vetor *grid*

coincidente com os pixéis de 8x8 km das imagens AVHRR (ver descrição abaixo), usando a operação de *geoprocessing* do ArcGIS 10. Esta operação permitiu calcular a área aberta em cada célula de 8x8 km, ficando assim definida o conjunto de células (ou *grid*) da área de estudo com mais de 50% de área aberta no Alentejo (Figura 13).

O clima no Alentejo, de acordo com a classificação de Koppen, caracteriza-se por ser um clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente (Figura 14) (Instituto de Meteorologia, 2008).

A precipitação acumulada anual na área de estudo tem um máximo de 1000 mm em algumas zonas do Alentejo, sendo as classes <600 mm e entre 600 e 800 mm os valores de precipitação mais frequentes (Figura 15).

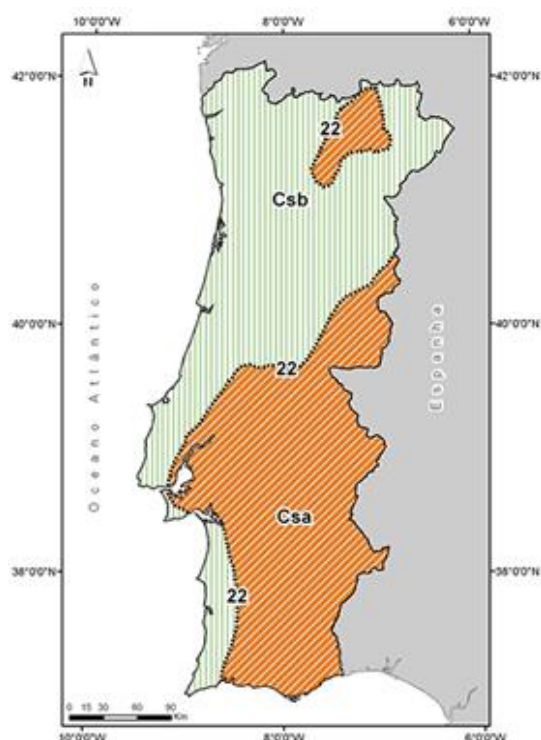


Figura 14 - Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Koppen. Retirado de Instituto de Meteorologia, 2008.

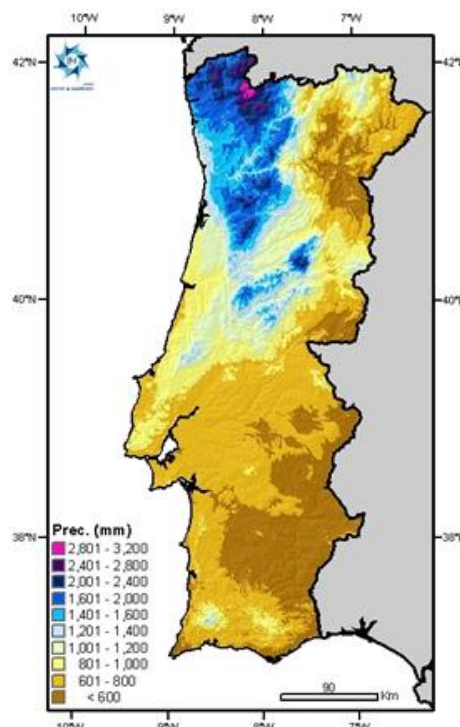


Figura 15 - Precipitação acumulada anual para Portugal Continental. Retirado de Instituto de Meteorologia, 2008.

2.2. Recolha de dados

2.2.1. Dados de precipitação

Os dados de precipitação foram descarregados da base de dados do SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, que podem ser consultados em www.snirh.pt. Daqui retiraram-se os valores diários de precipitação de todas as estações meteorológicas da região do Alentejo para o período de 1981 a 2006. Seleccionou-se de

seguida as estações sem falhas nos dados no período de 1 de outubro a 15 de abril e calculou-se a precipitação acumulada neste período para os anos hidrológicos entre 1981 e 2006. Por falta de estações meteorológicas no ano hidrológico de 2000/2001, este ano não entra na análise.

As estações meteorológicas usadas neste estudo são todas aquelas, que depois de projetadas no SIG, coincidiram com a *grid* da área de estudo (> 50% de área aberta).

2.2.2. Dados de NDVI

As imagens satélite do NDVI foram descarregadas da base de dados do Global Inventory Modeling and Mapping Studies (GIMMS). Estas imagens AVHRR - Advanced Very High Resolution Radiometer com uma resolução de 8x8 km foram usadas como base para se definir as células da área de estudo. As imagens AVHRR estão disponíveis desde julho de 1981 a dezembro de 2006 em séries temporais de duas em duas semanas (uma imagem composta com primeiros 15 dias de um mês e outra composta por restantes dias a partir de dia 16), para obter o máximo de valores do NDVI sem que haja interferência de nuvens que podem eliminar até dois terços dos dados. O NDVI é calculado através da fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$

Sendo, NIR (near-infrared) a radiação da banda próxima do vermelho e VIS a radiação da banda do visível (Wang et al., 2003; Tucker et al., 2004). Os valores teóricos do NDVI variam entre -1 e 1, sendo 0 para solos com pouca ou nenhuma vegetação, igual ou superior a 0,7 para solos com vegetação densa e -0,1 para a água. Mas a escala foi alterada para que os valores do NDVI variassem entre -1000 e 1000, sendo 0 para a água (Tucker et al., 2004), sendo denominada daqui adiante de NDVI*. Retiraram-se 24 imagens satélite do NDVI* da Europa da segunda quinzena de abril (início da época reprodutora do Sisão) para o período entre 1982 a 2006, o ano de 2001 não será analisado como referido anteriormente.

A partir dos centróides (pontos centrados em cada célula), calculados da *grid* da área de estudo (área aberta com mais 50%), realizou-se a operação *extract values to points* da ferramenta *spatial analyst*, extraíndo desta forma, os valores do NDVI* na segunda quinzena de abril para cada célula da área de estudo e para cada ano de análise (entre 1982 a 2006, com exceção de 2001).

2.2.3. Dados do Sisão

Os dados da abundância do Sisão foram obtidos ao censo nacional que decorreu entre 2003 e 2006 (Silva & Pinto, 2006). Os censos decorreram entre a segunda quinzena

de abril e o final de maio e foi realizada com base na audição e na visualização de machos (durante um período de 5 minutos) num raio de 250 metros em torno de pontos de escuta fixos. Os pontos de escuta são definidos no início da monitorização e estão distanciados 600 metros entre si.

Para este estudo foram introduzidos no SIG os dados obtidos no censo do Sisão e apenas foram usadas as células com um mínimo de 10 pontos de escuta que coincidiram com as células da *grid* da área de estudo (Figura 16).

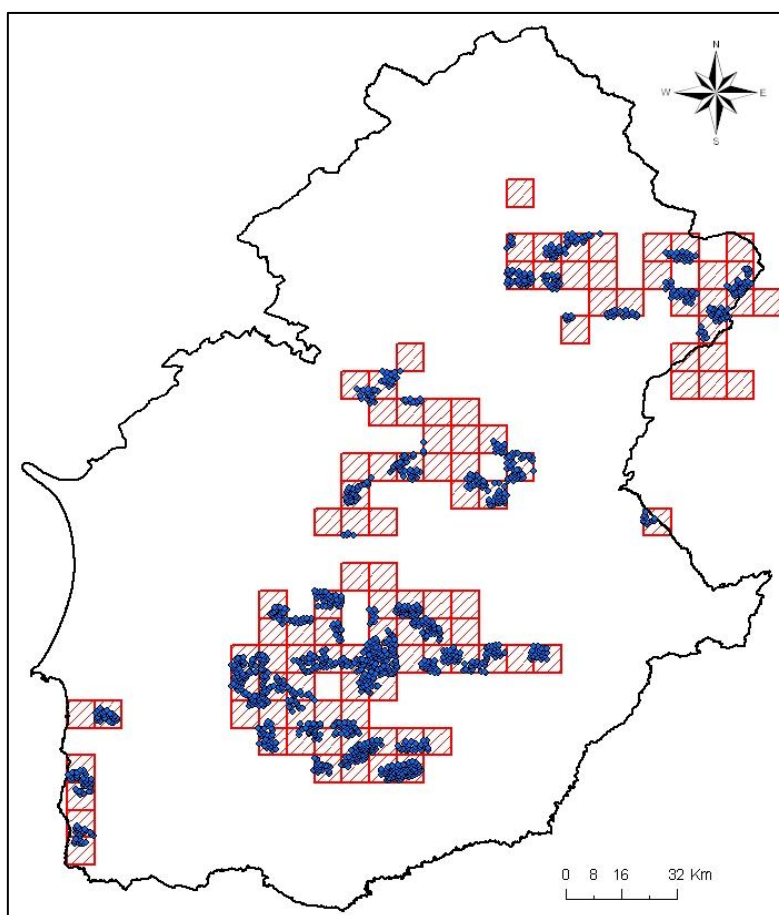


Figura 16 - Região do Alentejo (a preto) com a área de estudo delimitada a vermelho e pontos de escuta a azul.

2.2.4. Dados de capacidade de uso do solo

A carta da capacidade de uso do solo (CUSO) foi descarregada do Atlas do Ambiente da Agência Portuguesa do Ambiente. Os dados disponibilizados pela carta da CUSO são bons indicadores da produtividade dos solos, em áreas predominantemente planas.

Para identificar as classes predominantes da CUSO na área de estudo, realizou-se a operação *intersect* (do *geoprocessing*) entre o *grid* da área de estudo e a carta da capacidade de uso do solo. Para simplificar, agruparam-se os tipos de capacidade de uso de solo em três classes: A+B, C+D e E+F, sendo a classe A a que corresponde à maior

capacidade de uso do solo (solos mais produtivos) e a classe F a classe com menor capacidade de uso do solo (solos menos produtivos).

2.3. Análise de dados

2.3.1. Análise da relação entre a precipitação e capacidade de uso do solo e NDVI*

Para a análise das respostas do NDVI* a variar consoante a precipitação acumulada e a capacidade de uso do solo, extraiu-se do SIG os seus valores e construiu-se uma matriz para a série temporal de 1981 a 2006 e para cada célula da área de estudo. Foram analisados os fatores físicos e climáticos que influenciam o NDVI* usando o *Generalized Linear Mixed Model* (GLMM; Bolker et al., 2008), considerando como fatores fixos a precipitação acumulada e a capacidade de uso do solo e como fator aleatório as células da *grid* da área de estudo. Esta análise foi realizada no *software* R usando o *package* lme4 (Bates et al., 2012).

Fez-se correr dois GLMM: um com e outro sem interação entre a precipitação e a capacidade de uso do solo e foi selecionado aquele que apresentou o valor de AIC (Akaike's Information Criteria) mais baixo, de forma a selecionar o modelo mais explicativo e parcimonioso. Os valores do R^2 resultantes serviram para compreender a variância explicada. O GLMM é um modelo estatístico que combina as propriedades de dois modelos que são muito usados em ecologia, os modelos lineares mistos (que incorporam efeitos aleatórios) e os modelos lineares generalizados. Este modelo é a melhor ferramenta para a análise de dados não-normais que envolvem efeitos aleatórios (Bolker et al., 2008).

As classes A+B, C+D e E+F foram consideradas, no que diz respeito à produtividade dos solos, como sendo solos bons, médios e menos bons, havendo assim 106, 204 e 22 valores em análise para cada classe, respetivamente. Os solos bons correspondem à maior capacidade de uso do solo (solos mais produtivos) e os solos menos bons correspondem à menor capacidade de uso do solo (solos menos produtivos).

Esta análise não abrange a área de estudo completa uma vez que só há, no máximo, 16 estações meteorológicas disponíveis para cada ano hidrológico, o que corresponde a 16 diferentes células da área de estudo. Assim sendo, para cada ano hidrológico poderá haver 16 ou menos células da área de estudo em análise.

2.3.2. Análise da relação entre NDVI* e abundâncias do Sisão

Para a análise da relação entre o NDVI* e as abundâncias do Sisão extraíram-se do SIG os valores do NDVI* coincidentes com as células da área de estudo com mais de 10 pontos de escuta e com área aberta superior a 60%. A partir do número total de machos avistados por ponto de escuta, foi calculada a abundância na respetiva célula de 8x8km usando a seguinte equação:

$$\text{Abundância do Sisão} = \frac{100\text{ha} * \text{n}^{\circ} \text{ de machos}}{\text{n}^{\circ} \text{ de pontos de escuta} * A}$$

Sendo A a área de cada ponto de escuta em ha,

$$A = \frac{\pi * 250^2}{10000} = 19,63 \text{ ha}$$

Na análise desta relação entre o NDVI* e abundância de Sisões só se consideraram os anos de 2003 a 2006 pois são os anos coincidentes com o censo nacional. Como há células da área de estudo em que em diferentes anos se realizou uma monitorização do Sisão, existem pontos de escuta de dois ou três anos diferentes numa mesma célula.

Para analisar a relação entre o NDVI* e a abundância do Sisão, realizou-se uma Regressão Linear Simples (Montgomery et al., 2012) usando o *software* SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) com um mínimo de 10 pontos de escuta e mais de 60% de área aberta por célula de área de estudo, o que incluiu um total de 46 células.

3. Resultados

3.1. Variabilidade espaço-temporal do NDVI*

Os valores de NDVI* ao longo dos 24 anos de análise, considerando todas as células da área de estudo, variam entre os 246 e 810, sendo a amplitude de 564. Os valores mais frequentes estão compreendidos entre 450 e 600 e os valores menos frequentes são aqueles que estão perto dos extremos, entre 246 e 350 e entre 700 e 810 (Figura 17).

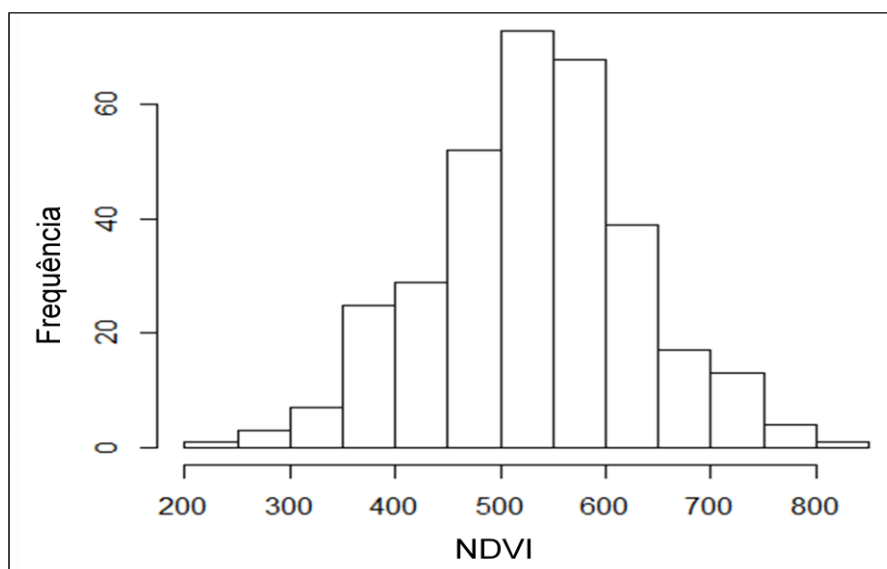


Figura 17 – Distribuição da frequência de valores de NDVI* registrados ao longo dos 24 anos

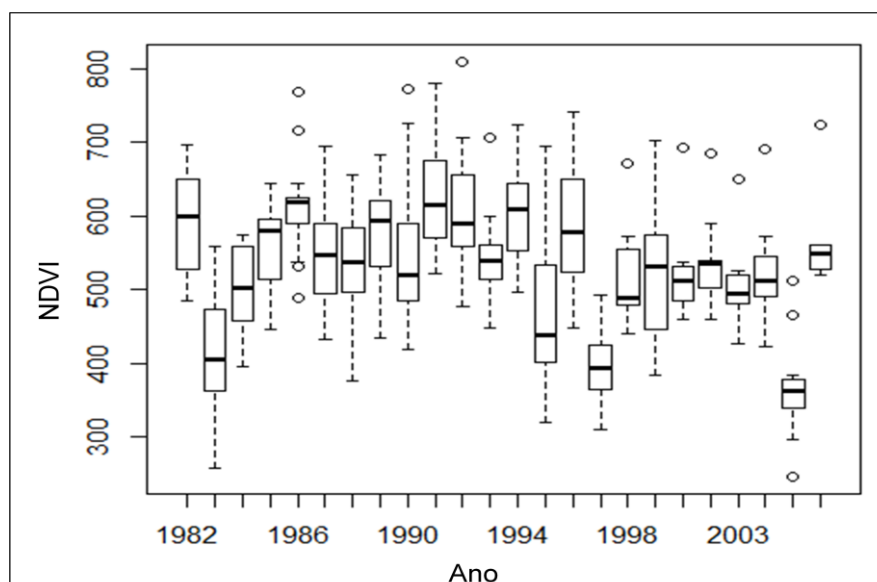


Figura 18 - Variação temporal dos valores de NDVI* considerando o conjunto de células da área de estudo, no período de 1982 a 2006.

Os valores de NDVI* durante a segunda quinzena de abril evidenciaram uma elevada variabilidade durante o período de análise entre 1982 a 2006 (Figura 18). No início do

período de análise havia uma grande variabilidade nos valores do NDVI*, no entanto a partir de 2000 a variabilidade foi diminuindo. É também possível observar que é mais frequente haver anos com NDVI* entre 500 e 600, existindo anos em que a média do NDVI* nas diferentes células da área de estudo foram excepcionalmente baixos, como nos anos de 1983 e 2005. O ano de 1983 além da média de NDVI* baixa, mostra grande variabilidade de valores resultante de valores muito distintos provenientes das diferentes células da área de estudo.

Quanto à variabilidade espacial do NDVI*, existem células da área de estudo com maior variação que outras. As células da área de estudo estão ordenadas começando do norte do Alentejo e finalizando no sul, podendo-se assim ver que existe alguma relação entre a localização geográfica das células e os valores do NDVI* (Figura 19). De um modo geral, os valores de NDVI* superiores à média encontram-se no norte do Alentejo (exceto a célula 393) e os valores inferiores localizam-se mais a sul da área de estudo. As células 332, 596, 690 e 718 são as que têm uma maior variabilidade espacial de NDVI*. As células da área de estudo 299, 332 e 596 não se encontram dentro da classe de valores médios do NDVI* (entre 450 e 600) sendo superiores e as células 393, 846 e 877 são aquelas que têm os seus valores médios mais baixos estando a rondar os 450.

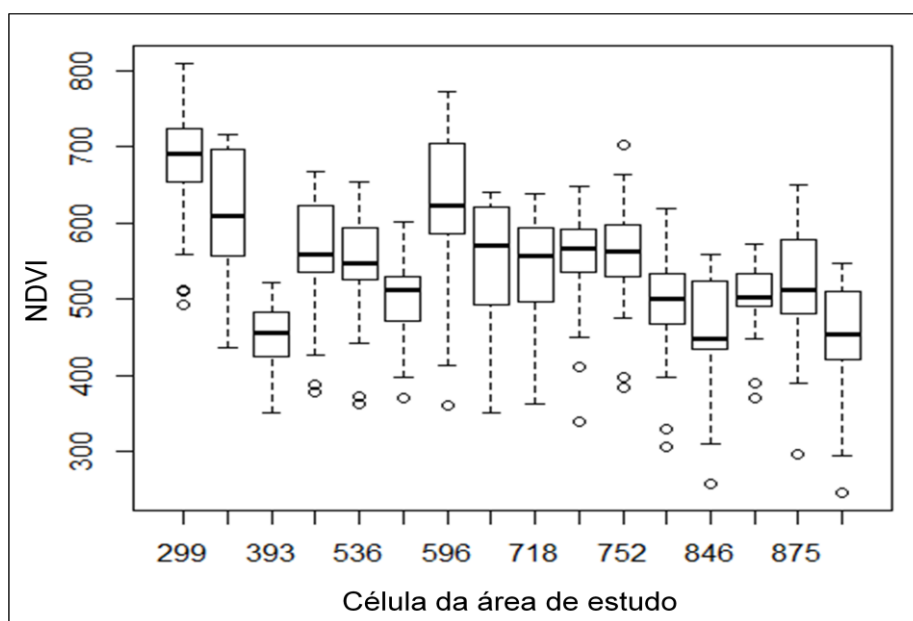


Figura 19 - Variação espacial dos valores de NDVI* em cada célula da área de estudo, no período de 1982 a 2006.

3.2. Relação entre NDVI* e percentagem de área aberta

As áreas abertas da área de estudo variam entre, aproximadamente, 52 e 84%. Na figura 20 podemos ver a relação entre os valores do NDVI* e a percentagem de área aberta,

em que cada conjunto de valores com a mesma percentagem de área aberta representa uma célula da área de estudo. Existe uma tendência decrescente na relação entre NDVI* e a área aberta, ou seja, os valores de NDVI* vão diminuindo à medida que a percentagem de área aberta vai aumentando. A maioria das células da área de estudo têm área aberta inferior a 68%, havendo apenas cinco células com área aberta superior a 68% (células 393, 690, 752, 875, 877).

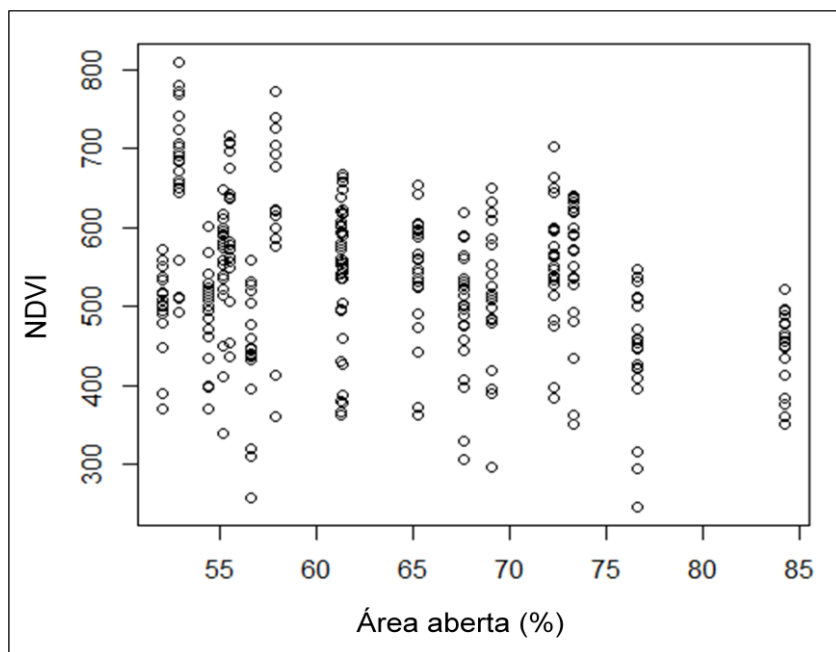


Figura 20 – Relação entre os valores de NDVI* e a área aberta na área de estudo no período de 1982 e 2006.

3.3. Relação entre a precipitação acumulada e NDVI*

A precipitação acumulada na área de estudo ao longo dos 24 anos de análise distribui-se em maior percentagem dentro das classes [300 e 400] mm e [400 e 500] mm, sendo as classes dos extremos inferiores [0 a 100] mm e superiores [800 a 900] mm e [900 a 1000] mm, as menos frequentes (Figura 21).

A precipitação acumulada no período em estudo tem um efeito positivo sobre os valores do NDVI* (Figura 22). Em todas as células da área de estudo o NDVI* aumentou à medida que a precipitação acumulada também aumentou. Existem células em que o NDVI* mantém-se relativamente constante em diferentes anos com o aumento da precipitação acumulada, como é o caso das células 299, 536 e 752. Outras células como a 332, 596, 690 e 718 sofrem uma grande variação interanual nos valores de NDVI*, com o aumento da precipitação acumulada. Estas células com maior variabilidade, já tinham sido mencionadas aquando da análise da variação espacial dos valores de NDVI* nas células da área de estudo representada na figura 19, estando as duas primeiras localizadas mais a norte da área de estudo e as duas últimas localizadas mais a sul.

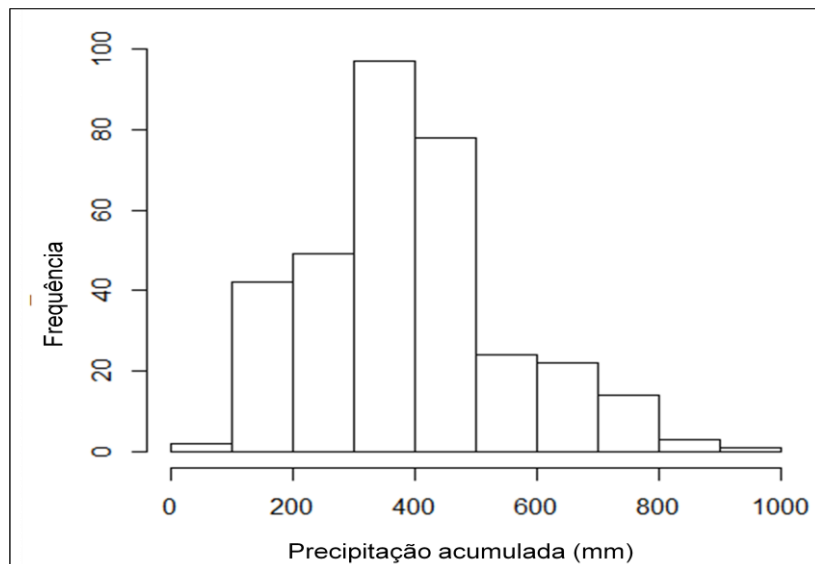


Figura 21 - Distribuição da precipitação acumulada na área de estudo, no período de 1982 a 2006.

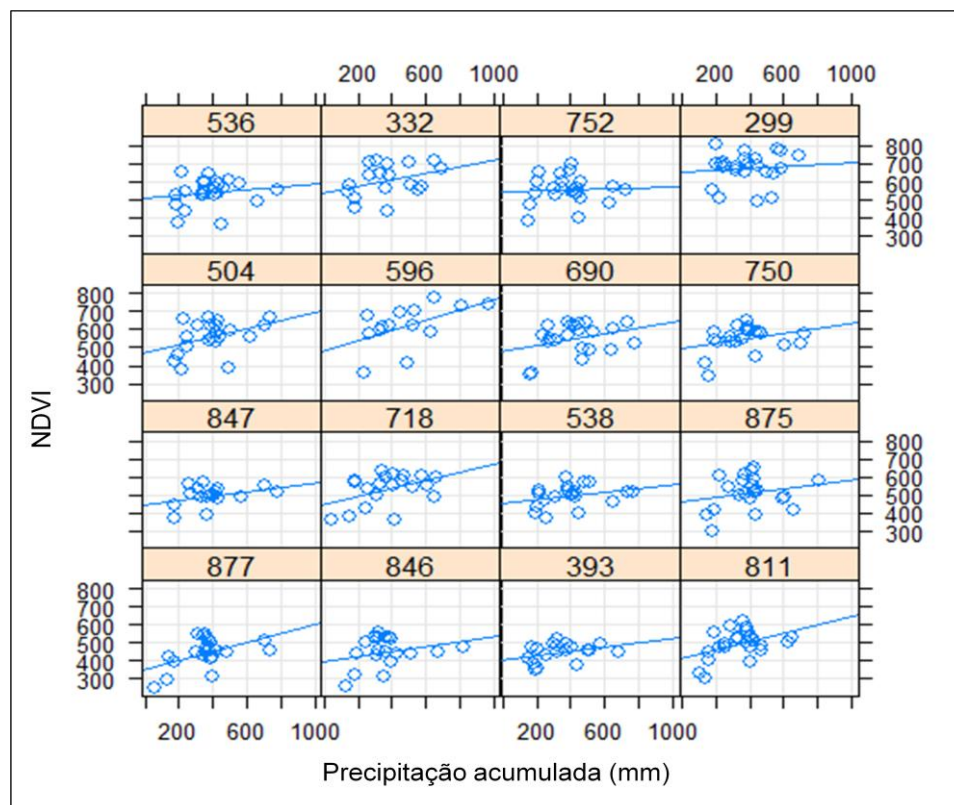


Figura 22 - Relação entre o NDVI* e a precipitação acumulada para cada célula da área de estudo, no período de 1982 a 2006.

3.4. Efeito da precipitação e capacidade de uso do solo no NDVI*

Depois de analisar ambos os GLMM, com e sem interação, verificou-se que o modelo sem interação é mais parcimonioso, pois tem o menor valor de AIC, sendo esse o melhor modelo (Quadro 1).

Quadro 1 – Resultado do GLMM, indicando os coeficientes das variáveis, erro padrão, valor do teste t e nível de significância.

Efeitos aleatórios	Variância	Desvio padrão		
Células (Intercept)	3202.2	56.588		
Efeitos fixos	Coeficientes	Erro padrão	t	p
(Intercept)	455.73734	28.28081	16.115	
Precipitação	0.15949	0.02651	6.017	<0.001
Cap. uso	32.26363	32.29240	0.999	<0.001

De acordo com o modelo final, o NDVI* aumenta em função do aumento da precipitação acumulada e em solos mais produtivos (Figura 23). Relativamente à capacidade de uso do solo pode-se observar que os solos de melhor qualidade são aqueles que têm valores de NDVI* mais elevados, onde variam entre os 500 e 650, e os solos de menor qualidade são os que têm valores de NDVI* menores. Assim, solos mais produtivos apresentam sempre valores de NDVI* mais elevados independentemente do valor da precipitação acumulada.

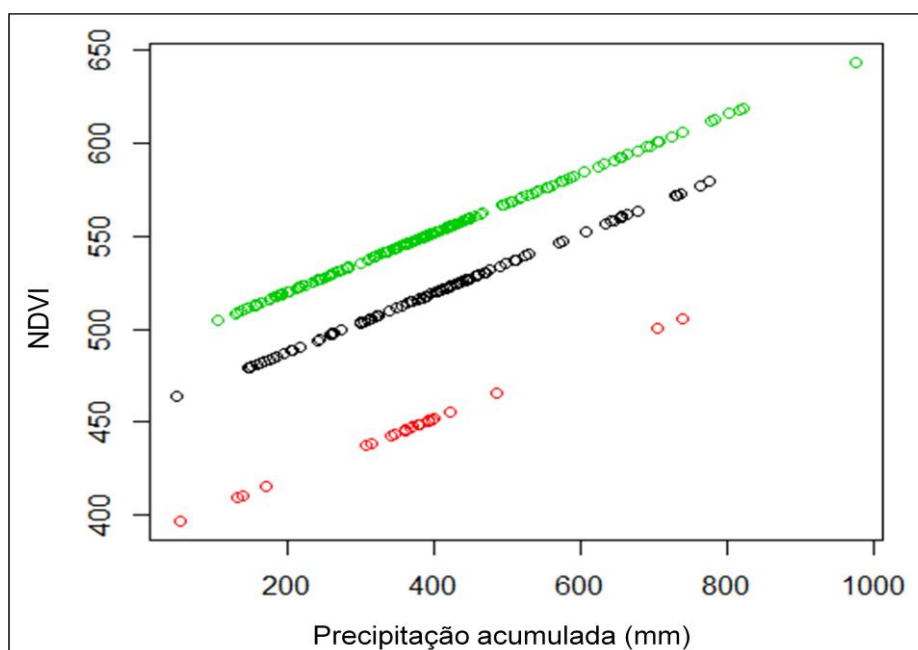


Figura 23 - Resultado final do modelo com as respostas do NDVI* a variar consoante a precipitação acumulada e a capacidade de uso do solo (solos bons (A+B) – verde, solos médios (C+D) – preto, solos menos bons (E+F) – vermelho), no período de 1982 a 2006.

3.5. Relação entre NDVI* e a abundância do Sisão

De acordo com a regressão linear efetuada no SPSS, há uma relação significativa entre o NDVI* e a densidade de Sisões. Contudo, o coeficiente de determinação (R^2) é de

0,116 o que significa que apenas 11,6% da variação nos dados do NDVI* é explicado pela abundância.

A equação da reta da regressão linear entre o NDVI* e a abundância do Sisão é $NDVI = 546,357 - 7,529 * \text{abundância}$ (Quadro 2).

Quadro 2 – Resumo da regressão linear entre o NDVI* e a abundância do Sisão

Modelo	Coeficientes		Significância
	B	Erro padrão	
(Constante)	546,357	12,942	0,000
Abundância	-7,529	3,175	0,022

Analisando o quadro 2 e a reta de regressão, podemos ver que existe uma correlação negativa entre o NDVI* e a abundância do Sisão, ou seja, quanto mais baixos são os valores de NDVI* maior será a abundância de Sisões (Figura 24).

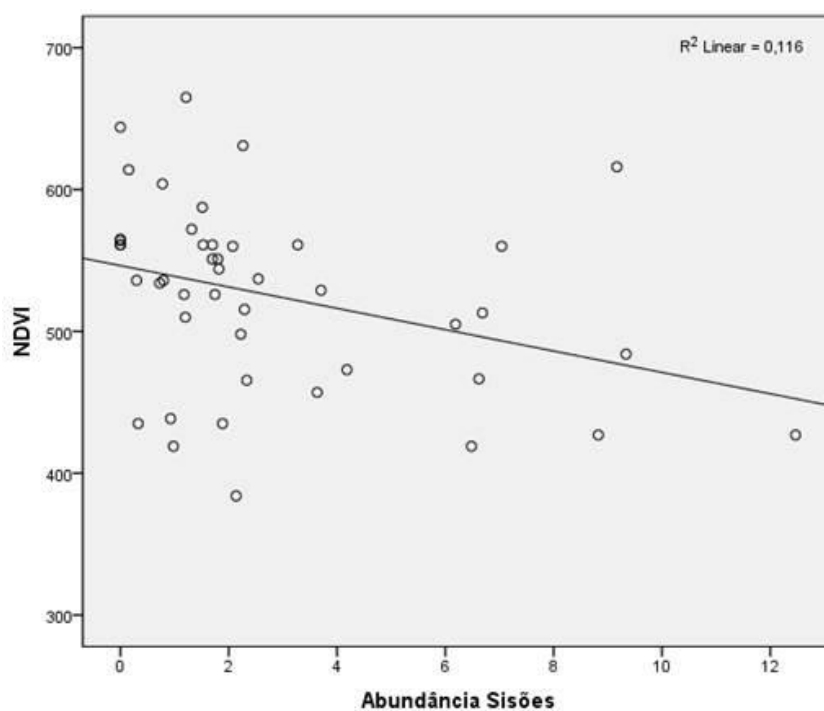


Figura 24 – Relação entre o NDVI* e a abundância de Sisões na área de estudo, no período de 2003 a 2006. Cada ponto representa uma célula da área de estudo.

4. Discussão

Na interpretação dos resultados obtidos é preciso ter em conta que as análises foram realizadas com um número de observações baixo pelo que os resultados deverão ser interpretados com alguma cautela. Os resultados obtidos devem ser entendidos como uma indicação ou tendência do que ocorre na realidade.

4.1. Influência da precipitação acumulada, percentagem de área aberta e produtividade dos solos no NDVI*

No conjunto das células da área de estudo analisadas, o NDVI* variou bastante na segunda quinzena de abril no período de 1982 a 2006 mas a partir de 2000 a variabilidade começou a diminuir pois a precipitação ocorrida na região do Alentejo ocorreu de modo homogéneo. Ou seja, no período de 2000 a 2006 a média da precipitação acumulada variou apenas 79,2 mm entre os diferentes anos (não incluindo o ano de 2005) na totalidade da área de estudo, não havendo nenhuma célula em particular com um pico de precipitação ocorrida neste período de tempo para que aumentasse a variabilidade.

Os valores do NDVI* nos anos de 1983 e 2005 são excecionalmente baixos em relação à média dos outros anos do período de análise. Este facto deve-se à ocorrência de valores médios de precipitação acumulada baixos tendo como consequência secas extremas. Com a falta de precipitação, a vegetação seca resultando em valores de NDVI* muito baixos em relação ao normal.

Quanto à variabilidade espacial do NDVI* as células 332, 596, 690 e 718 localizadas em São Vicente, Évora e Cuba, foram mencionadas como sendo células com grande variação de valores de NDVI*. Estas células são caracterizadas por serem constituídas maioritariamente por solos do tipo A+B ou C+D, logo solos bons ou médios. A diferença de valores do NDVI* pode eventualmente ser explicada pelo tipo de exploração agrícola. Os solos produtivos podem ser adequados tanto para as culturas agrícolas de outono/inverno, resultando num NDVI* mais elevado, como também para culturas de primavera/verão resultando num NDVI* mais baixo uma vez que os solos estão maioritariamente lavrados na segunda quinzena de abril.

As células 299, 332 e 596 têm valores de NDVI* superiores à média comum e as células 393, 846 e 877 pelo contrário têm valores inferiores à média das restantes células da área de estudo. Os valores mais elevados de NDVI* encontram-se no norte do Alentejo onde a percentagem de área aberta é menor e os valores inferiores localizam-se mais a sul da área de estudo (exceto a célula 393) onde a percentagem de área aberta é maior. Isto ocorre pois à medida que a percentagem de área aberta vai aumentando, os valores de NDVI* vão diminuindo. Ou seja, células com menor percentagem de área aberta têm mais

percentagem de área de floresta e culturas permanentes fazendo com que o NDVI* seja maior. A exceção da célula 393 (em Torre da Bolsa) que tem valores de NDVI* baixos e encontra-se no norte do Alentejo é justificada por coincidir, na sua quase totalidade, com um perímetro de rega, onde predominantemente são praticadas culturas anuais de primavera/verão, verificando-se uma elevada frequência de solos lavrados, refletindo um NDVI* com valores baixos.

Tendencialmente a variação do NDVI* em solos de melhor qualidade é menos acentuado que em solos pobres e pouco produtivos pois estes reagem mais rapidamente às diferenças climáticas, nomeadamente à precipitação. Por esta razão, o declive da reta na relação entre o NDVI* e a precipitação acumulada nas células 299, 536 e 752 é pouco acentuado, mostrando não haver uma relação significativa entre as duas variáveis nestas células (Monforte, Évora e sul de Cuba, respetivamente), em solos maioritariamente produtivos, do tipo A+B ou C+D.

4.2. Efeito da precipitação e capacidade de uso do solo no NDVI*

Os solos considerados produtivos têm características físicas e químicas intrínsecas que promovem o desenvolvimento das culturas. É importante que um solo tenha uma mistura ideal de partículas minerais e matéria orgânica, pH adequado, elevada capacidade de retenção da água, uma textura franca (solo com argila e areia) e uma estrutura com elevado grau de agregação para que a água seja rapidamente infiltrada e seja fácil a penetração das raízes no solo para um adequado crescimento das plantas (Carvalho et al., 1999).

O NDVI* aumenta em função da precipitação e é influenciado pela produtividade dos solos. Solos de melhor qualidade resultam num NDVI* mais elevado e solos de menor qualidade, resultam num NDVI* bastante menor com resposta mais rápida ao aumento da precipitação. Isto acontece pois solos de menor qualidade podem ser caracterizados ou como tendo uma fina camada de solo e afloramentos rochosos ou como tendo uma textura arenosa com menos matéria orgânica (Carvalho et al., 1999), ambos não permitindo que a água da precipitação fique retida, logo irá haver menos água disponível para o desenvolvimento das culturas, fazendo com que o NDVI* seja baixo e responda mais rapidamente à precipitação ocorrida num dado momento. Esta conclusão está coerente com os resultados obtidos.

4.3. Relação entre NDVI* e a abundância do Sisão

O Sisão, no início da época de reprodução, aparenta ser mais abundante em células com NDVI* mais baixo. Mas este resultado é apenas uma indicação da tendência da distribuição do Sisão de acordo com o NDVI* do habitat. Esta relação tem de ser

interpretada com precaução pois o número de células da área de estudo que entraram para esta análise foram apenas 46, número considerado baixo. Além disso, as células da área de estudo têm 8km, sendo um *pixel* muito grosseiro para criar resultados conclusivos. Durante o ano de 2005, ano de seca extrema, os censos do Sisão realizados na primavera, foram praticamente efetuados no norte e centro do Alentejo, onde o NDVI* é maior, não tendo sido feita uma monitorização de forma homogénea em toda a área de estudo. Este é outro fator para que os resultados nesta relação sejam apenas indicativos e não totalmente conclusivos.

Contudo este resultado é corroborado por outro trabalho decorrido em Espanha (Suaréz-Seoane et al., 2002), que constatou que a presença do Sisão na primavera estava associada a valores de NDVI* mais baixos. Possivelmente a razão para as maiores abundâncias do Sisão tenderem para os locais com NDVI* menor é o facto do habitat preferencial do Sisão ocorrer em áreas abertas e em áreas onde ainda se pratica agricultura tradicional extensiva, o que tende a coincidir com solos menos produtivos. Solos mais produtivos com valores de NDVI* mais elevados são utilizados para a agricultura intensiva, habitat evitado pelo Sisão.

5. Conclusão

O NDVI* está fortemente relacionado não só com a precipitação mas também com a capacidade de uso do solo e percentagem de área aberta. Estes fatores vão por sua vez influenciar a escolha de habitat por parte do Sisão no início da época de reprodução.

O Sisão em Portugal, provavelmente, irá escolher um habitat com um NDVI* mais baixo evitando os solos de melhor qualidade, pois o habitat preferencial do Sisão ocorre em áreas abertas e onde ainda se pratica agricultura tradicional extensiva, o que tende a coincidir com solos menos produtivos. O Sisão tende a evitar solos mais produtivos por estes coincidirem com áreas de agricultura mais intensiva com o recurso à mecanização e agroquímicos e ao aumento da perturbação humana não favorecendo o seu habitat de reprodução nem a sobrevivência da espécie devido à destruição de ninhos (Wolff et al., 2001; Delgado & Moreira, 2010). Também é provável que o Sisão prefira parcelas de terreno em que a percentagem de área aberta seja maior, logo com um NDVI* menor. Pois em zonas com área aberta menor há maior possibilidade de haver zonas de floresta e culturas permanentes, sendo este um tipo de cobertura vegetal não preferencial para o Sisão, pois diminui substancialmente o campo de visão para predadores e das fêmeas para os machos na época de reprodução.

5.1. Impacto das alterações climáticas no Sisão

De acordo com os resultados deste estudo, as alterações climáticas que se vão sentir em Portugal, poderão ter um impacto negativo sobre o Sisão. Tirando conclusões apenas pela preferência de habitat de acordo com a qualidade (NDVI*), poder-se-ia dizer que com a diminuição da precipitação e consequente diminuição dos valores de NDVI*, o Sisão iria beneficiar com as alterações climáticas, mas não é esse o caso. Ao verificar-se uma tendência da subsistência de habitat adequado nos solos menos produtivos, vai possivelmente refletir-se numa maior vulnerabilidade da espécie às alterações climáticas.

Como se pode ver na figura 25, as alterações climáticas vão influenciar o Sisão diretamente pelo habitat e indiretamente pelas decisões que o Homem irá tomar em relação às práticas agrícolas. A diminuição da precipitação poderá levar a um uso mais intensivo das pastagens e pousios resultando numa estrutura da vegetação menos compatível com os requisitos de habitat de reprodução.

Também com a diminuição da precipitação, poderá ocorrer o abandono dos campos menos produtivos e intensificar a agricultura nos campos mais férteis. O abandono dos campos agrícolas leva à perda de habitat e a intensificação na agricultura reflete-se no uso de regadio e a uma maior supressão do pousio na rotação cultural das explorações.

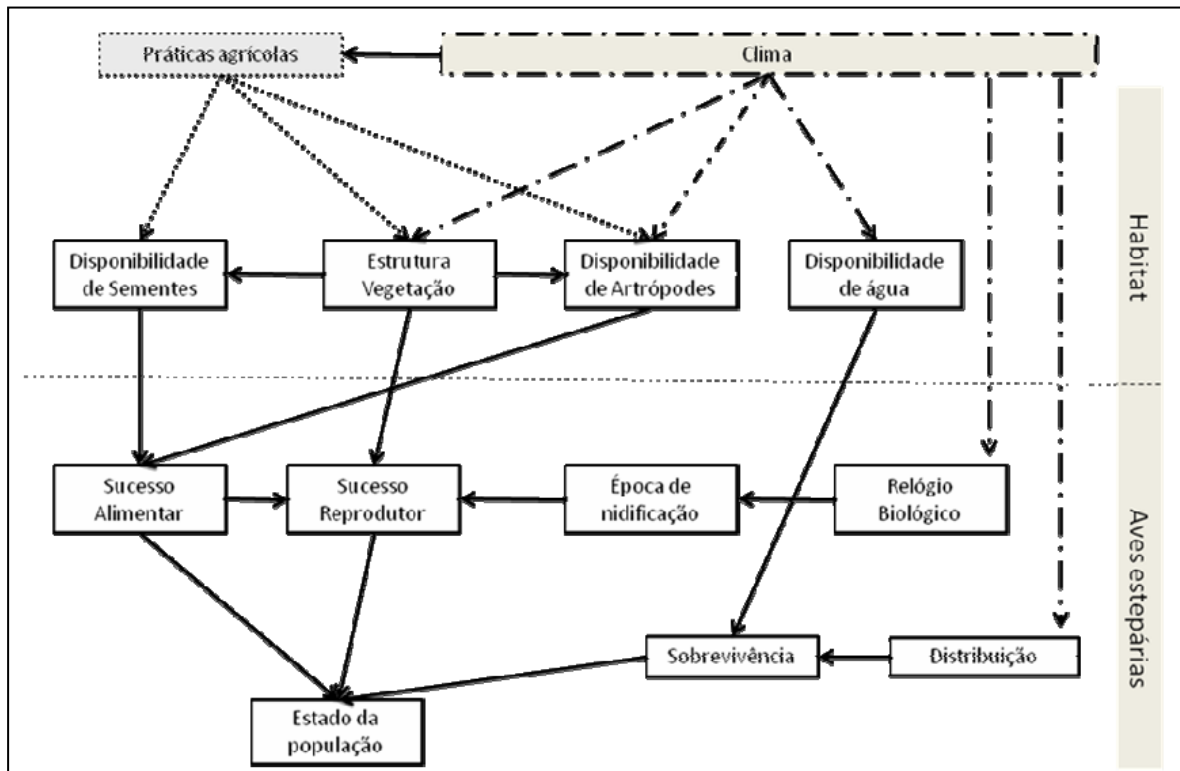


Figura 25 - Esquema representativo da relação entre o clima, as práticas agrícolas e as populações de aves estepárias. Retirado de Moreira et al., 2010.

Com as alterações climáticas os campos de cereal também vão ter tendência para irem desaparecendo ao longo do tempo pois, a qualidade das searas irá decrescer. O desaparecimento da cultura cerealífera poderá diminuir o habitat de nidificação das fêmeas.

5.2. Recomendações de gestão

De acordo com o provável impacto das alterações climáticas no Sisão descritas no subcapítulo anterior é necessário providenciar medidas de gestão que possam minimizar esses efeitos no futuro. É importante incorporar nas futuras políticas agrícolas a manutenção da heterogeneidade do mosaico agrícola, fundamental para proporcionar habitat para o Sisão ao longo do ciclo anual, por isso seguem-se algumas recomendações de gestão sugeridas por Moreira et al., 2010 que vão de encontro com os resultados obtidos.

Com as alterações climáticas vai haver uma maior tendência para a intensificação da agricultura nos solos mais férteis e o abandono de áreas com solos menos férteis. É importante que as políticas agrícolas condicionem estas ações pois levam à perda de habitat

do Sisão. O uso de mecanismos de rega, uso de agroquímicos e a florestação de zonas não usadas para a agricultura também tem de ser levado em conta para a qualidade do habitat e da biodiversidade.

Com as alterações climáticas, o pastoreio pode intensificar-se pois irá haver menos zonas com matéria vegetal verde que sirva de alimento ao gado e ao Sisão, tornando as poucas áreas de pousio muito perturbadas. Deste modo, é importante que sejam mantidas algumas áreas de pousio sem pastoreio no mosaico agrícola, para que o Sisão possa ter a vegetação indicada para a época de reprodução e para que as fêmeas possam nidificar no solo sem o perigo da destruição dos ninhos. Outra opção é criar, na época de reprodução, áreas de *set-aside* anual ou sazonal permitindo a recuperação de estrutura e abundância da vegetação usada para a alimentação e para a nidificação.

É também fundamental manter as culturas cerealíferas no mosaico agrícola para benefício da espécie tanto como recurso alimentar como para a nidificação como foi antes referido. Para isso, torna-se essencial escolher variedades de cereal que façam o balanço entre a preferência do Sisão e a produtividade face às previsões das alterações climáticas. Também é indispensável adequar o ciclo de cultivo, nomeadamente a ceifa, à época de reprodução do Sisão, para que não sejam coincidentes.

Referências Bibliográficas

Alcamo, J., Moreno, J., Novaky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R., Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J., Shvidenko, A., 2007. Europe in Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P., Hanson, C. (Eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580

Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., 2012. Package lme4. < <http://cran.r-project.org/web/packages/lme4/lme4.pdf> > Acedido a 15 de outubro de 2012

BirdLife International, 2004. *Birds in the European Union: a status assessment*. Wageningen, The Netherlands: BirdLife International.

BirdLife International, 2012. Species factsheet: *Tetrax tetrax*. < <http://www.birdlife.org> > Acedido a 13 de agosto de 2012

Bolker, B.M., Brooks, M.E., Clark, C.J., Geange, S.W., Poulsen, J.R., Stevens, M.H.H., White, J-S, 2008. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 24, 127-135

Carvalho, A., Menegol, O., Oliveira, E., Machado, S., Potter, R., Fasolo, P., Ferreira, C., Bartoszeck, A., 1999. Efeitos das características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*. *Boletim de Pesquisa Florestal* 39, 51-66

Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioac, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A., Whetton, P., 2007. Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

De Juana, E., Martinez, C., 1996. Distribution and conservation status of the Little Bustard *Tetrax tetrax* in the Iberian Peninsula. *Ardeola* 2, 157-167

Delgado, M., Morales, M., Traba, J., Garcia de la Morena, E., 2009. Determining the effects of habitat management and climate on the population trends of a declining steppe bird. *Ibis* 151, 440-451

Delgado, A., Moreira, F., 2010. Between-year variations in Little Bustard *Tetrax tetrax* population densities are influenced by agricultural intensification and rainfall. *Ibis* 152, 633-642

García, J., Suárez-Seoane, S., Miguélez, D., Osborne, P.E., Zumalacárregui, C., 2007. Spatial analysis of habitat quality in a fragmented population of little bustard (*Tetrax tetrax*): implications for conservation. *Biological Conservation* 137, 45-56

ICN, 2006. Plano Sectorial da Rede Natura 2000: Fauna, aves. <http://www.icn.pt/psrn2000/caracterizacao_valores_naturais/FAUNA/AVES/Tetrax%20tetrax.pdf> Acedido a 16 de outubro de 2012

Iñigo, A., Barov, B., 2010. Action plan for the little bustard *Tetrax tetrax* in the European Union. SEO|BirdLife and BirdLife International for the European Commission

Instituto de Meteorologia, 2008. Clima de Portugal Continental. <<http://www.meteo.pt/pt/areaeducativa/otempo.eoclima/clima.pt>> Acedido a 16 de outubro de 2012

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. <www.iucnredlist.org>. Acedido a 16 de agosto de 2012

Jiguet, F., Arroyo, B., Bretagnolle, V., 2000. Lek mating systems: a case study in the little bustard *Tetrax tetrax*. *Behavioural Processes* 51, 63-82

Jiguet, F., 2002. Arthropods in diet of Little Bustards *Tetrax tetrax* during the breeding season in western France. *Bird Study* 49, 105-109

Jiguet, F., Jaulin, S., Arroyo, B., 2002. Resource defence on exploded leks: do male little bustards, *T. tetrax*, control resources for females? *Animal Behaviour* 63, 899-905

Jiguet, F., Bretagnolle, V., 2006. Manipulating Lek Size and Composition Using Decoys: An Experimental Investigation of Lek Evolution Models. *The American Naturalist* 168, 758-768

Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A.J., Zhao, Z.-C., 2007. Global Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the*

Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

Montgomery, D., Peck, E., Vining, G., 2012. Introduction to Linear Regression Analysis. Wiley, New Jersey, USA

Morales, M.B., García, J.T., Arroyo, B., 2005. Can landscape composition changes predict spatial and annual variation of little bustard male abundance? *Animal Conservation* 8, 167-174

Morales, M.B., Traba, J., Delgado, M.P., García de la Morena, L.E., 2008. Sexual differences in microhabitat selection of breeding little bustards *Tetrax tetrax*: Ecological segregation based on vegetation structure. *Acta Oecologica* 34, 345-353

Moreira, F., Delgado, A., Correia, R., Leitão, P., 2010. Estabelecer Cenários sobre os Efeitos das Alterações Climáticas na Abetarda, Sisão e Peneireiro-das-torres, in: 1º Relatório da Acção A4: Projecto LIFE Estepárias “Conservação da Abetarda, Sisão e Peneireiro-das-torres nas estepes cerealíferas do Baixo Alentejo”. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal

Moreira, F., Silva, J.P., Estanque, B., Palmeirim, J., Lecoq, M., Pinto, M., Leitão, D., Alonso, I., Pedroso, R., Santos, E., Catry, T., Silva, P., Henriques, I., Delgado, A., 2012. Mosaic-Level Inference of the Impact of Land Cover Changes in Agricultural Landscapes on Biodiversity: A Case-Study with a Threatened Grassland Bird. *PLoS One* 7

Reino, L., Porto, M., Morgado, R., Moreira, F., Fabião, A., Santana, J., Delgado, A., Gordinho, L., Cal, J., Beja, P., 2010. Agriculture, Ecosystems and Environmental 138, 27-34

Salamolard, M., Moreau, C., 1999. Habitat selection by Little Bustard *Tetrax tetrax* in a cultivated area of France. *Bird Study* 46, 25- 33

Santos, F., Miranda, P., (Eds.) 2006. Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM II. Gradiva, Lisboa, Portugal

Silva, J.P., Pinto, M., Palmeirim, J.M., 2004. Managing landscapes for little bustard *Tetrax tetrax*: lessons from the study of winter habitat selection. *Biological Conservation* 117, 521-528

Silva, J.P., Pinto, M., 2006. Relatório Final da Acção 2 do Projecto Life Natureza Conservação do Sisão no Alentejo (LIFE02NAT/P/8476): inventariação dos núcleos do Alentejo. Instituto da Conservação da Natureza. Relatório não publicado

- Silva, J.P., Faria, N., Catry, T., 2007. Summer habitat selection and abundance of the threatened little bustard in Iberian agricultural landscapes. *Biological Conservation* 139, 186-194
- Silva, J.P., 2010. Factors affecting the abundance of the little bustard *Tetrax tetrax*: Implications for conservation. PhD Thesis, University of Lisbon, Lisbon, Portugal
- Silva, J., Palmeirim, J., Moreira, F., 2010. Higher breeding densities of the threatened little bustard *Tetrax tetrax* occur in larger grassland fields: Implications for conservation. *Biological Conservation* 143, 2553–2558
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M., Miller, H., (Eds.) 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Suárez-Seoane, S., Osborne, P.E., Alonso, J.C., 2002. Large-scale habitat selection by agricultural steppe birds in Spain: identifying species–habitat responses using generalized additive models. *Journal of Applied Ecology* 39, 755-771
- Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J.A., Rusticucci, M., Soden, B., Zhai, P., 2007. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Tucker, C.J., Pinzon, J.E., Brown, M.E., 2004. Global Inventory Modeling and Mapping Studies, NA94apr15b.n11-Vlg, 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland
- Wang, J., Price, K.P., Rich, P.M., 2001. Spatial patterns of NDVI in response to precipitation and temperature in the central Great Plains. *International Journal of Remote Sensing* 22, 3827-3844
- Wang, J., Rich, P. M., Price, K.P, 2003. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *International Journal of Remote Sensing* 24, 2345-2364
- Wolff, A., Paul, J., Martin, J., Bretagnolle, V., 2001. The benefits of extensive agriculture to birds: the case of the little bustard. *Journal of Applied Ecology* 38, 963-975